中華學術與現代文化叢書　第十五冊

海洋學論集

中華學術院印行

中華學術與現代文化叢書 第十五册

海洋學論集

中華學術院印行

海洋學論集

本論集編纂之目的，乃介紹海洋科技各方面之發展，其內容在發揚中華民族先哲之海洋思想，對海權與海洋戰略之體認，以確立我國培養人才，建設海洋之方針。總體發展海洋科技，當從教育學術研究、調查、探勘與海洋資源開發做起。其中海洋地質、物理、化學、生物、氣象、生態與環境科學、以及油氣鉆探、航運經營、濱海利用等，項目繁多。我國應急起直追，自立自强、迎頭趕上。

CHINESE LEARNING AND MODERN CIVILIZATION SERIES

Volume XV　　　　OCEANOGRAPHY

中華民國六十六年一月出版

中華學術與現代文化叢書 第十五冊

海洋學論集

定價：每冊新台幣一六〇元整

編輯者：中華學術院

監修：張其昀　本冊主編：關世傑

出版者：華岡出版有限公司

登記證：行政院新聞局局版台業字第1082號

發行者：華岡出版有限公司

地址：台北市陽明山華岡于正路一號

電話：8610923　郵撥：101425號

門市部：台北市農安街三十五號之一

電話：5948455　郵撥：16543華岡書城

印刷者：華岡印刷廠

地址：台北市陽明山華岡大義館

序　言

本論集乃爲紀念　蔣總統誕生九十週年而編印者。　蔣公畢生提倡學術，鼓勵研究，茲當發刊之始，特引述他的嘉言，作爲啓發之資。

民國四十八年四月十五日，　蔣公主持國防研究院第一期開學典禮，講述「國防研究要旨」。他曾說：「我們必須使科學的『窮理致知』，與哲學的『窮理明德』相會通，才不會陷於一偏之見的糾纏轇轕中。」綜合科學與哲學，成爲「科哲合一」，這是　蔣公治學的素志。

民國五十七年九月九日，　蔣公主持國防研究院畢業典禮，講述「國防教育的宗旨和責任」。他分析智慧爲集體的、創新的、行動的三個要素。集體的智慧乃以別於個體，要能發生交互影響，相互傳承的作用，發揮相乘相加，相互融和，相互切磋的精神。創新的智慧就是不要保持現狀、瞑想自得，而是要有研究更要有發展，有學習更要有創造，發揮自動研究的精神，把智識變成力量。行動的智慧就是不要停留在只講理論、脫離現實的階段；也不是只講原則，而缺乏動變的肆應智慧；只講概念性的了解，而缺乏實際的、深入的體驗；而必須發揮即知即行、學以致用的精神。要而言之，我們必須把集體的智慧，創新的智慧，行動的智慧，三者合而爲一，方能達到教育上預期的目的。

民國五十九年三月廿九日，　蔣公在　國國民黨十屆二中全會致辭，他說道：「研究發展，格物致知，爲學術進步之要領。余意今後各大學研究所及學術研究機構，均應重視研究發展工作，以促成教育事業能有計劃有步驟的精進創新。」

以上所引述的三段話，都是　蔣公晚年的訓示，剴切昭著，啓迪良深，茲用以說明編印此書的宗旨所在，爰定名爲「中華學術與現代文化」。

中華學術院成立於民國五十五年十月廿九日，　蔣公八十華誕前夕，迄今已歷十年。本論集由本院發起編印，並依本院二十個分科協會之次序，即　(一)哲學（含宗教）　(二)文學（含譯學）　(三)史學（含圖書博物館學）　(四)戰史　(五)美術　(六)音樂、影劇　(七)政治學　(八)經濟學　(九)法學　(十)社會學（含民族學）　(十一)教育學（含體育、家政學）　(十二)新聞學（含大衆

傳播學） ㈢自然科學 ㈣地學 ㈤海洋學 ㈥工學 ㈦農學 ㈧商學 ㈨醫學 ㈩藥學，分册印行，陸續出版。每册均各收錄論文五十篇以上，合成爲一套叢書，用以紀念 蔣公九十誕辰，亦祝賀本院成立十周年。敬述斯旨，尚祈讀者諸君不吝指正爲幸。

鄞縣張其昀敬誌

民國六十五年三月十二日於華岡

中華學術與現代文化叢書

第四冊　戰史論集

編輯者：中華學術院

監修：張其昀

本冊主編：魏汝霖

中華民國六十五年九月出版

發行者：華岡出版有限公司

定價：每冊新臺幣二〇〇元

中華學術與現代文化叢書

第十二冊　新聞學論集

編輯者：中華學術院

監　修：張其昀

本冊主編：鄭貞銘

中華民國六十五年十月出版

發行者：華岡出版有限公司

定　價：每冊新臺幣一六〇元

CHINESE LEARNING AND MODERN CIVILIZATION SERIES

CATALOGUE

Volume XV — OCEANOGRAPHY

「中華學術與現代文化」叢書

十五、海洋學論集目錄

蔣公海洋思想的體認與實踐
對中國海洋教育的啓示

關世傑

一、蔣公逝世薄海哀悼

曠代偉人——中華民族的救星，故總統　蔣公於國民革命志業未竟之時，中道崩殂！噩耗驚傳，舉世哀悼，國人如喪考妣。筆者以親受　蔣公培育，躬聆教誨多年，深知國人哀慟逾恒，是純自然感情的流露。因爲我們追隨　蔣公歷經動亂艱苦備嘗，患難與共，於臺灣生聚教訓，在　蔣公堅苦卓絕領導下，社會安寧，民生富裕，經濟繁榮，而今褓姆離去，能不哀傷？

但是我們深切體會　蔣公德澤永在，精神長存，絕不致「懷憂喪志」，却更「堅此百忍，奮勵自強」銜哀順變，以竟　蔣公救國救民之志業。蔣公秉承　國父遺教，振興海權，建設國防，在實業計劃中，更詳爲規劃。

國父遠矚高瞻，在第一次大戰期中，認爲要消弭世界經濟爭奪之亂源，並容納戰後大量過剩之生產力及資本，乃手訂實業計劃，爲中國經濟建設根本的藍圖，主張利用各國戰後過剩的機器及游資，大規模的開發中國實業。

實業計劃包括六個計劃。第一至第三計劃，可以說都是以沿海大港及海洋爲重點的相關事業的建設。第四計劃是專論鐵路建設。第五計劃是關於食衣住行文化的工業建設。第六計劃是關於礦業的建設。在這一部實業計劃中，　國父對海洋事業特別重視，有極詳密而遠大的規劃。到現在已經超過半個世紀了，我們把他實現得太少，捫心自反，實在感覺慚愧！玆將實業計劃中有關海上事業的規劃，簡要說明如下：

（甲）建立現代化商船隊與漁輪隊——　國父認爲至少需有商船一千

萬噸。包括航行海外之商船隊、大量沿海及內河之輪船。此外並應有「無數之」現代化漁輪。

（乙）興辦大規模造船工業——國父認造船爲建國「必要之企業」，須投「大資本」，他强調的指出，以每年能造二百萬噸商船爲度。

（丙）闢建海洋大港——以美國紐約港爲標準，沿海建世界港三個，（即南方大港、東方大港及北方大港）。與大陸交通系統相銜接，爲吞吐之口。此外復建二等港四個（營口、海州、福州、欽州）。三等港九個（葫蘆島、黃河港、芝罘、寧波、溫州、廈門、汕頭、電白、海口），以與頭等港相間。

（丁）建設現代化漁業港——上述頭等二三等港，均應有現代漁業設備此外，復計劃在沿海闢漁港十五個。（即安東、海洋島、秦皇島、龍口、石島灣、新洋港、呂四港、長塗港、石浦、福寧、湄州港、汕尾、西江口、海安、榆林港）。

（戊）發展內河航運——修浚現有河道及運河，並計劃新開運河。疏濬長江，使大洋輪船可直達漢口。

（已）開闢內河商埠——通航河流沿岸，大規模建設商埠及船塢等設備。

二、蔣公的海洋思想

蔣公是位大政治家，他對世界地緣學說，海洋名著多所涉獵，而對於美國馬漢海軍戰略論，更推崇備至，認爲平生最愛讀的書，引證論據以教誨國軍官兵。其有關海權訓詞輯要如下：

——中華民族的生存，與夫太平洋永久和平之維持——胥視吾人能否建立海權國是賴。

——立國於今日無論其爲大陸國家，抑爲海洋國家，均需恃海軍爲其最重要的生存保障，是以海洋的重要性，並不因科學的進步與原子時代的出現而減退，海軍仍有其光明的前途，實無可置疑。

——我國具有漫長的海岸線，沿海具有優越錯綜的港灣，更具無盡之

天然寶藏，建立海軍發展海洋之優越條件具備。

在民國四十五年五月八日爲海權問題， 蔣公在第七屆中央委員會中講道：「海權的競爭，由地中海移於大西洋，今則由大西洋而移於太平洋矣。……今後之太平洋問題，則實關係於中華民族之生存，中華民國之命運也」。

——蓋太平洋之重心，即中國也，爭太平洋之海權，即爭中國之門戶權耳，誰握此門戶，則有此堂奧，有此寶藏。

由以上之提示， 蔣公對海權之重視，可見一般，但海權之範疇及其意義，吾人有待說明。

昔日之所謂海權涵義，僅涉及海洋表面及海軍武力。而今海權之本質，它是國力的一種型式，不僅指一國的海軍力量，諸如海外基地、造船、航運、漁業的經營、海洋科學的研究、世界貿易的拓展、海洋法的運用等都包括在內， 蔣公在「中國之命運」中，曾釐訂發展造船開闢港灣、獎勵航運、興辦海洋教育、積極建設海軍，以鞏固海防、倡導海權思想，以建設海洋。

三、對海洋建設的昭示

蔣公對經濟建設的基本觀點是主張海陸並重的，他在手著的「中國經濟學說」中說：「實業計劃是要中國海陸平均發展」。「要以廣大的大陸爲基點，以繁榮的海港爲出口，國際貿易要經海港，農礦事業要在大陸。平時通商，以海港爲門戶，戰時抗敵，要據大陸爲後方。民生與國防的合一，在此一根本意義上最爲顯明。」

撤退來台以還，他更認爲我們在大陸的失敗，其癥結係由於大陸國家的積習，大聲疾呼，倡導改造。

他在重建本黨根本問題中，討論改造大陸國家習性時，痛切的說：

「我們是一個歷史久遠的大陸國家，因此我們的民族，也就有其特具的大陸習性。大家知道，我們從商周以迄於漢唐，都有過恢宏的規模，和完美的制度，但是它就無法避免養成一種大陸國家特有的民族習性，那實在也是由於大陸的氣候、地理、以及各種生活、傳統，積累而來的。所謂

大陸的民族習性，最顯著的，就是安土重遷，和安居樂業的心理，由於這種心理的影響，大多數就都缺乏積極、進取、協同、合作、與主動的精神；因之亦沒有研究、發展、創造、和負責的習慣；幾千百年的積習所遺傳下來的，就只有遲鈍、粗重、散漫、消極、自私的習性，因之歷代政治，雖常能保持一個相當長期的統一局面，但那總是幅員上的統一，而不是意志上的統一，更不是國力上的集中，一切都形成了形式上的墨守成規，却忽略了精神上的團結一致，所以見之於人情風俗的，也就是淳厚樸實有餘，而進取和發展的行動沒有」。

蔣公對海上事業的建設，非常重視，並且遠在抗戰期中就作了具體而遠大的規劃。他在手著「中國之命運」裏說得最明白，玆摘要分述如次：

（甲）建立偉大的商船隊——抗戰勝利後，最初十年內要建造三百萬噸的商船，以達一千四百四十萬噸爲目標。

（乙）建築現代化港埠——抗戰勝利後，最初十年內的築港工程，要能每年有一萬萬噸的吞吐量，以達一萬八千六百萬噸的吞吐量爲目標。

（丙）開闢商埠——十年內建設商埠七百處，以達一千二百處爲目標。

（丁）發展內河航運——⑴通行輪船之河道，十年內須有一萬八千公里，以達三萬公里爲目標。⑵通行帆船之河道，十年內須有二十萬公里，以達五十萬公里爲目標。⑶新闢運河可通輪船者，十年內須有一千公里，以達五千公里爲目標。

（戊）培養航海人才——最初十年內，在大學及專科學校中培養輪機駕駛及海事人才七千人。但是 總統的計劃，因共匪竊據大陸，未能按時實現。

四、海洋戰略的決策

蔣公是位偉大的軍事家，民國卅四年對日抗戰勝利後，我政府收復臺澎，但大陸赤氛遍地，戡亂情勢逆轉，重要城鎮相繼陷匪。民國卅八年總統蔣公復行視事，決定以臺澎爲反共復國營壘，決志建設臺海基地。

這種高瞻遠矚有其重大的政略戰略意義。

臺灣金馬強固基礎，在戰略上是東南亞和大陸的戰略側翼，在印度洋和太平洋海權爭奪中佔有舉足輕重的地位。在政略上它是大陸同胞和海外僑胞反共人心之所繫，且有號召呼應的作用。

而在亞太地區，日、美、匪、俄關係策略的運用中，臺澎更有影響其權力均勢的作用，眞可說我們對亞洲，對世界都擔當着「中流砥柱、力挽狂瀾」的任務。

建設臺海基地，以海洋爲主的戰略——是應變、制變中的偉大決策。

時至今日吾人審度時勢，看美國國防部長斯勒辛格曾分析說：「中南半島悲劇發生後，美國爲確保東北亞及西太平洋的安全、決定從美國的阿拉斯加到日本、往韓國、中華民國與菲律賓，建立一條鏈島防線……」要言之今後美國在亞洲的新戰略，是以海洋爲主的戰略，也是以海權爲基礎，以海權包圍陸權的戰略。

從地理上來看，美國在西太平洋上所採取鏈島防線的海洋新戰略的形勢，臺灣正處於此戰略防線的要衝。

臺澎的位置在由對馬海峽、臺灣海峽、巴士海峽、麻六甲海峽、連結所成的包圍亞洲大陸的新月形戰略地帶中，完全符合馬漢戰略論「中央位置」的基地戰略地位。以及「間諜戰略論」的制衡戰略地位。

以此角度來看臺灣海峽的地位，即可看出臺灣基地對西太平洋上海權的重要，而隨着蘇俄海權的東進，益顯示其無比的戰略價值。

蔣公的大智、大勇的選擇了臺海爲反共復國基地，是兼具有海權、陸權、空權的三重戰略意義，是西太平洋反共防線的「中流砥柱」。守住了臺灣海峽，就可維持亞洲沿海外圍反共陣線的完整，並可牽制共匪的擴張更可使蘇俄的太平洋艦隊陷於獨立的狀態。也維護了遠東各地民主國家航運的暢通與安全。

五、對海洋教育的啓示

筆者深受國家的栽培，完成了基礎、深造、聯合教育及國防研究院的文武合一的教育，多次蒙　蔣公的召見嘉勉及賦予重任。　蔣公雖日理萬機，但對於幹部的學識、品德、才能各方面至爲重視，隨時召見部屬，考

核詳賞垂詢晉德修業及對於時事之意見。

筆者於民國五十四年十一月廿三日蒙　蔣公在西子灣行館，單獨召見，當時任海軍第一軍區司令，除面報軍務、防務外，並將中國文化學院創辦人張其昀博士邀聘創立海洋學系，以培育海洋科學人才之情形面報。蔣公垂詢甚詳並將「海洋彙刊」之精裝本呈送，其內容為「慶祝　總統八秩嵩壽，發展中國海權、建設中國海洋」之專題論文。至今仍保留一冊紀念。　蔣公當時曾勗勉說：「你是經過海軍嚴格教育培育出來的將領，今日又創設了海洋學系，希望你本着我對你們在歷次訓練中的殷切訓誨，對海洋學系的師生要着重於「人格的培養，冒險犯難精神的啓發，各種新式設備，機械的運用、海上操作技能的發揮，要精研科學方法，來建立新中國的海洋幹部」。

蔣公又殷殷以海洋科學發展之情形垂詢，經筆者扼要報告美、蘇、英、法海洋科學發展以及我國應積極培育海洋科學人才。　蔣公頻頻道：「好！好！」並勉勵說：「要繼續研究高深學識，要與世界海洋國家並駕齊驅，不要落伍，要為國家爭取光榮。」

諄諄的訓勉筆者：「你的責任重大，當奮勵自強，一切要學習，一切要實在，格外注重科學方法和科學技術，來發展海洋事業。」……「當知海洋科學人才是海軍的後備力量，美國的海軍進步是有賴於軍事科學與海洋科學有着緊密的聯繫，希望你一本革命精神，為我國海洋科學建立基礎。」

十多年來，　蔣公的訓示時時「耿耿於懷」未敢稍懈，無時不以實踐訓示，相自策勵。

次日　蔣公親赴左營海軍軍區巡視，先到港口指示防波堤之擴建，繼又巡視艦艇及倉庫，每至各地均殷殷垂詢，詳細指示，至今已有十載，而　蔣公遠離吾人而去！我們將必面對大時代巨浪的不斷冲擊，唯有堅強信心，奮發淬勵，接受挑戰，百折不撓，勇往直前。

六、切己體認躬行實踐

蔣公追隨總理，貫徹　國父遺志，終其一生永不改變的志節，是以至

誠、大勇、恒毅的決心，來實現三民主義的理想。

筆者在承受張曉峯先生之邀聘又恭聆　蔣公的訓示，切己體認，故在創辦海洋學系之初，即擬訂了四大目標：

一、倡導並鞏固海權思想。

二、精研海洋科學並培育海洋科學人才。

三、研究航運與發展港埠建設。

四、開發並培育海洋資源。

本此四項目標，在穩健中求發展求進步，刻已十年矣，具體的工作如出版「海洋彙刊」倡導海洋思想；介紹海洋新知。推崇中外海國先賢：如鄭和七下西洋，鄭成功之規復臺灣等以爲楷模。獎勵學生出海實習與開創事業雄心。使學生具有強烈之國家民族觀念，以能從事國家海洋建設。

鼓勵學生到航運、港埠、水產、海域開發等單位服務，再輔導其就學深造。加強建教合作，以求理論與實務之配合。

對教學則充實科學設施，強化教授陣容，逐年發展增加科系與研究課題。個人出國訪問考察，廣闢國際學術交流與合作研究之途徑。與學術單位密切配合交換教學經驗。交換事業單位之經驗與運用其設備，以促進教學。參加各種學會，與組織海洋學協會，團結國內外海洋界人士，集思廣益共策海洋科學之發展。

個人願貢獻畢生從事海洋教育事業之精進，更切盼能喚起國家之支持，社會之協力，海洋從業人員與師生之共同合作，共謀策進，以實踐　蔣公未竟志業。

七、完成海洋建設

蔣公畢生盡瘁國事，而尤能在海權發展，海洋建設方面，多所啓示，個人願遵奉遺教，在海洋科學教育方面聊盡棉薄，而對目前我國海洋思想尚未普遍認識，海洋政策有待釐訂之時，謹提供完成海洋建設之方針數端：

我國地理環境是海洋大陸兼備的國家，爲適應當面情勢世界潮流發展趨勢，向海洋進軍應爲目前施政之方向。

海洋教育應與海洋軍事教育互相配合，即海軍的科學研究與人才培植

互爲表裏運用。

海防建設應與民生建設相配合，即海防以促進民生福祉，繁榮經濟，而充裕國力爲宗旨。

海權思想之倡導與獎掖，應與海洋總體發展等工作相結合，如海國精神之發揚，應與造船、航運、海洋資源開發等工作相結合。但建設港埠發展貿易，勿忘「戰備集運」。增建船舶，擴充商船隊，勿忘準備渡海工具，增建運輸力量。完成海洋法，擬定領海及漁區與經濟水域，當注意加強國際合作，維護海域安全與確保「海優」。開發海域資源，增加國力改善民食，完成人力物力的動員儲備工作。

浩瀚海洋將是吾人之生存場所，也是反共復國的基地，因此，時處今日啓廸國人的海洋思想，精研海洋科學，建設海洋，控制海洋爲當務之急，在大有爲政府領導下，齊頭併進，推向海權強國富國之道邁進，完成海洋建設，成爲海權國家。

我們雖然具有海洋國家優厚的自然條件，但是在思想上、精神上、政策上、行動上，却欠缺海洋國家的氣魄。

所以，我們要發展海洋事業，先要在思想上、精神上，遵照　國父與　蔣公的啓示，來一次革命性的轉變，亦即要自大陸思想大陸文化，轉變爲海洋思想海洋文化。同時在整個國策上行動上，亦須來一次革命性的改變，亦即要自大陸本位的政策，改變爲海洋本位的政策，這是一個萬分艱巨的工作，需要無比的氣魄與毅力，需要無比的智慧與遠見。

我們要立足於海洋，必須參照海權先進國家，全力獎勵海洋事業，發展海事教育，培養海建人才，並視爲基本國策，也許有人要說，我們財政困難，怎有如此的資金來獎助推展，其實日本等海權國家的財政何嘗不然，不過他們一向重視，有關獎助海建的巨大財政支出，皆視爲當然，而且支出愈多，將來收益亦愈豐。所以，我們的經濟政策，財政預算的分配，以至教育的制度，對海洋建設方面，必須有一個革命性的調整與加強。

這項多目標的綜合的建設，我們今後爲要改造民族的文化，發揚海洋的精神，恢復民族的活力，團結海外的僑胞，鞏固海上的國防，萬輪齊發的渡海反攻，以至開發海洋資源，發展國際的貿易，爭取外滙的收入。即

無論就文化的觀點、政治的觀點、國防的觀點與經濟交通的觀點，我們都應發展海洋事業。深望全國優秀的人才，能踴躍投身於海洋事業，朝野體，共同努力，迎頭趕上先進各國，開海洋發展新境界。

海洋科學與海權之關係

錢懷源

一、前　　言

自從馬漢將軍於一八九〇年發表「海權對歷史的影響」以及於一九一一年出版「海軍戰略論」以後，海權思想成爲二十世紀最重要的一種戰略思想。馬漢不但是一位傑出的戰略思想家，而且也是一位博學的歷史學家。他由分析歷史上國家興亡盛衰的經過而得到一項寶貴的結論，也是他海權理論的核心，那就是「海權是一國生長、發展、繁榮和安全的命脈。」而過去六十多年來世界形勢的演變，也更證明了他這一結論的正確。但是任何一種思想，它一方面固然影響時代的演變，同時也受時代環境變遷的影響，它的基本理論可以不變，但它的形式和實施的方式，勢必隨時代的進展而有所改變。而在過去六十多年之間，影響時代環境最重要的因素之一，無疑的是科學和工藝的突飛猛晉。因此我們就科學和工藝的發展與海權的關係問題加以探討，實在是很有意義的事情。

二、海權思想之源起和海權的內涵

水是人類維持生命和生活的必要條件之一，所以人類的發展和水有密切的關係。我們說人類逐水草而居就是指的這種情形。人類最初爲求生存，首先就設法利用附近的自然產物，這一過程就是人類文明產生的開始。而在這一過程中同時也開始產生了財富觀念。但是人類在解決了本身的生存問題之後，求其生活的更加美滿，是人類理性的自然要求，因此逐漸感覺其附近自然產物之不能滿足，而希望設法加以改善，開始向外發展，企圖尋找他所缺乏或更多的物產。最初仍是向陸上發展，但是陸上交通阻礙很多，同時僅是陸上仍不能滿足他們的要求，於是逐開始向海洋發展。因此，企圖增加其財富和改善其生活以及需要彼此物產之互通有無，是鼓勵

人類向海洋發展的原動力。海洋最初呈現在人類眼前的是一片無限制的交通大道，要利用這一交通大道來互通有無，自然就必須要有船隻為工具，於是就產生了海上運輸。最初人類仍只是試探性的和不經常的由近而遠的航行，但逐漸發現了某些最方便和最安全的路線，這就是現在各處航道的由來，同時人類為交換物產的便利起見，逐漸在航道經過的適當地點設立貿易站。這也就是後來各國海外殖民地和基地的由來。

隨着海上交通的逐漸擴大，人類同時遭遇到兩種敵人，一種是自然的敵人，也就是天氣和海象變化以引起的自然災害。另一種是人為的危害，一項是海盜，另一項是其他國家的競爭。為要克服自然的災害，人類除了設法改善他的船隻和航海技術外，就在航道附近覓求避難所。為要克服人為的危害，來保護自己的航運，各國遂有海上武力的組成，這就是海軍的發源。

人類對海洋的智識，隨時間的進展而日漸豐富，對外面世界的認識也日漸增加，於是航運的範圍日益擴大，競爭也日益激烈，海軍為要執行保護的任務，活動的範圍也越來越大，於是也必須覓取根據地。因此在基地和殖民地的範圍內，有的是為貿易而設立的，有的是為避難而覓取的，有的是純為軍事上的需要而設立的。在這樣的過程中，形成了海權，而物產、海運、基地和海軍，就成為海權的四個組成要素。

上述四項要素在形成海權的過程中，又產生了相互的影響作用。由於基地和殖民地的增加，更擴大了海運的範圍，增加了財富的收入，而基地和殖民地則需要海軍來保護。而海軍又需要財富的支持和海運的協助。強大的海軍不但可以保護自己的航運和基地，而且可以爭取更多的殖民地，因而更增加財富的收入。因此，物產、海運、基地和海軍四者之間，實存在著相輔相成，生生不息的循環關係。馬漢就是在研究歷史時發現了這一人類發展的軌跡，加以整理而提出了他的海權理論。

三、科學和工藝的發展對馬漢思想的影響

人類利用海洋最主要的工具是船隻，而人類之使用船隻最初只是作為交通和運輸工具，爾後因競爭而擴大用作戰爭工具，於是又形成船隻和武

器的結合。

人類最初所用的船隻是槳船，因爲槳船的動力完全靠人力，因之速率就大爲減低。所以槳船可以說缺乏戰略性機動力，而具有戰術性機動力。

人類發明帆船也很早，帆的最大優點是靠自然的風力作爲動力，帆可彌補槳船缺乏戰略性機動力的缺點，而仍保留槳船戰術性機動力的優點。英國一直到十六世紀中葉，亨利八世時期，才決定軍艦完全採用帆船。

十三世紀中葉，船上已開始使用火砲，那是用球形彈的前膛砲，射程既短，而且不能左右旋轉，只能裝在輪子上前後推動。在此以前，商船和軍艦是不分的，平時是商船，戰時裝上戰鬥人員，就從事作戰。因爲要裝火砲必須在船舷上開很多砲門，因此，使船隻無法同時用作商船和軍艦，於是才有海軍之建立。同時軍艦本身也不再是裝載戰鬥人員的乘具，而本身成爲一項戰鬥工具。這時，由中國傳入的指南針已普遍用於船上，同時也發明了觀測太陽以求船位的方法（六分儀的雛形），這些因素促成了哥倫布發現美洲和麥哲倫的環球航行。也促成了歐洲各國對外貿易的發展，於是而使航運和海軍成爲海權的兩大主要要素。

一直到十九世紀中葉，無論船隻或武器方面都沒有顯著的發展。一八五〇年左右是船隻和武器的大變動時期。在這一時期內，船隻的構造由木殼而變爲鐵殼，船隻的動力由帆而變爲蒸汽，在武器方面由前裝的平膛砲變爲後裝的來復線砲，由球形彈而變爲長形的爆炸彈。這一切改變，當然是由於科學和工藝的發展所促成。但另一方面戰爭的需要也是促成改變的動力之一。這一時期重要的發展有下列各項：

㈠一八〇七年八月 Fulton 的第一艘腰輪汽船試航。

㈡一八一五年第一艘腰輪軍艦 Fulton號試航。

㈢一八二二年艦砲開始用長形彈及爆炸彈。

㈣一八三七年 Ericsson 發明螺旋推進器。

㈤一八四三年美國造成第一艘用螺旋推進器的軍艦U. S. S. Prinston號。當時軍艦雖都採用蒸汽機，但仍裝有備用的帆索。直到一八六九年英國的 Devastation 號才完全用蒸汽機而放棄帆索。

㈥一八五八年 Armstrong 發明來復線用於火砲，同時因爆炸彈之威力而促使裝甲之使用。

(七)一八五八年法國建造第一艘裝甲艦Gloire號，但這時的裝甲艦大都還是在木殼船上裝上裝甲。

(八)一八五九年英國建造第一艘鐵殼裝甲艦Warrior號，裝甲厚達四吋半。

(九)美國南北戰爭（一八六二年）南軍之Marrimac號開始使用衝角（Ram），北軍開始使用低舷戰艦Monitor，當時水雷已普遍使用，同時魚雷也已發明，潛艇亦已問世，但僅具雛形，那就是Bushnell的Turtll，和Fulton 的Nautilus。

(十)一八七三年魚雷艇問世。

(十一)一九〇〇年白頭氏魚雷發展成功，時速達二十八節，射程達一、〇〇〇碼，這時潛艇已發展到可以實用的地步，配合白頭氏魚雷，遂成為二十世紀以來一項重要的海上武器系統。

一九〇五年的日俄戰爭是以上所述的一切發展成果的實際考驗。如果我們把一九〇五年日俄海戰的情形加以分析，有三點是很有意思的：

一、當時軍艦的建造雖已很進步，但所用的燃料仍是煤炭，而船上所能裝載的煤炭量是有限的，一般只能供幾天或十幾天的使用，因之如果要長途航行，中途必須有補充燃料的基地，當時俄國第二太平洋艦隊由波羅的海遠航到遠東來，就因為中途補充燃料的問題，遭遇到無限的困擾，以致在途中不得不在甲板上堆滿了煤炭，影響訓練，甚至在和日本艦隊遭遇時，甲板上仍堆有煤炭，以致影響戰鬥。

二、日本東鄉元帥於研判俄國第二太平洋艦隊的行動時，也極感困難，因為當時日本海軍雖已扼殺了旅順港內的俄國艦隊，但要獲得勝利必須阻止俄國第二太平洋艦隊和海參崴的太平洋艦隊會合而予以各個擊破。最後東鄉元帥決定把主力控制在鎮海，以逸待勞，主要因為鎮海處於中央位置上，可以同時監視第二太平洋艦隊和海參崴艦隊的動向，結果終於在對馬海峽將俄國第二太平洋艦隊擊潰。

三、在對馬海峽戰鬥中，雙方面尤其是日本艦隊充分發揮了了速率和砲火的威力，因而造成一九〇六年以後的巨艦大砲主義和建造戰鬥巡洋艦的趨勢。

馬漢的海軍戰略論，發表於一九一一年，正是日俄戰爭以後六年，以

上這些發展使馬漢在海權的組成要素中，特別重視基地，而在海軍戰略論中特別强調交通線和中央位置。

四、第一次世界大戰與海權

戰爭是解決國際間政治糾紛的最後手段，一國的科學和工藝發展的成果，都將在戰爭中顯示出來，同時戰爭也有刺激科學和工藝發展的作用，因此我們以兩次世界大戰作爲討論的時間段落，是比較方便的方法。

十九世紀末葉的歐洲，是在法俄聯盟和德奧聯盟的均勢下維持着和平的局面，而這時的德國在俾斯麥强力的領導下，竭力謀求向外發展，先後在非洲及太平洋取得了不少殖民地。一八八八年德皇威廉二世卽位，兩年後馬漢的「海權對歷史的影響」一書出版，這本書更加强了威廉二世向外擴張的雄心，他不但自已熟讀這本書，而且分發全海軍軍官研讀。日俄戰爭使俄國的勢力大爲削弱，也使歐洲的均勢發生搖動，同時由於德國經濟的快速發展，迫使她更加速向外發展。一九一二年德國的工業生產額爲三十億美元，而同時的英國工業生產額則爲四十億美元，美國爲七十億美元，德國的商船噸位超過五百萬噸，僅次於英國。爲要保護她的對外貿易和殖民地，德國就竭力擴張海軍。第一次世界大戰就爲了列强爭奪海外貿易和殖民地而爆發了。

當一九一四年開戰時，英德雙方的海軍實力如下表：

艦別＼國別	無畏艦型戰鬥艦	舊戰鬥艦	戰鬥巡洋艦	裝甲巡洋艦	巡洋艦	驅逐艦	潛水艇
英	二〇	四〇	九	三四	七四	一六七	七八
德	一三	二〇	四	九	四一	一三〇	三〇

其中潛水艇一項英國雖在數量上佔優勢，但其中只有十七艘可以遠洋航行，而德國的三〇艘潛水艇中除了一兩艘外，其餘都可以遠洋航行。德國在砲火指揮，穿甲彈，及水雷等效能上都較英國為優。

在這方面我們必須要提一提德國在第一次大戰初期所用的航運襲擊艦（Commerce Raider），當大戰爆發時，德國在海外有十艘巡洋艦，戰爭開始後，這些巡洋艦多從事襲擊航運的任務，其中最著名的是愛姆頓（Emden）號，它於一九一四年八月六日由膠州灣出發，到十一月九日在柯可斯島（Cocos Island ）被擊擱淺為止，三個月內它一共捕獲或擊沉了廿一艘船隻，其他襲擊艦也都不久就被消滅，主要由於煤炭補充困難，以及無線電通信之進步，只要襲擊艦出現的消息一傳出，就很容易被圍捕到。

對英國及協約國航運的破壞主要是由德國潛艇所進行。上面說過，德國雖有百分之八十可以自給自足，但英國海軍的封鎖仍使她馬上感覺到封鎖的影響，最初還可經由中立國從事對外貿易，後來英國加強禁運，壓力更為加重，一九一五年二月四日，德國因英國在北海設立軍事區而宣佈在英倫三島周圍和英倫海峽為「戰爭地帶」。無論敵人或中立國的船在本區內都將被擊沉，一九一六年三月一日又宣佈所有武裝商船都將不經警告而予以擊沉，一九一七年二月一日更宣佈實施無限制潛艇戰爭。德國原來希望於陸上採取守勢，而由潛艇的通商破壞戰而迫使協約國屈服。如果沒有美國的參戰，德國很可能達到了這一目的，但由於美國之參戰，使局勢整個改觀，德國的希望也就落空，終於在一九一八年因內部的崩潰和革命而締城下之盟。

在第一次世界大戰中，德國一共建造了三七二艘潛艇，大部分是八五〇噸級，水面速率十六節，水下速率九節，但是同時在海上作戰的潛艇不超過二〇艘到三〇艘。這些潛艇一共擊沉了協約國商船約一五、〇〇〇、〇〇〇噸，而德國潛艇也一共損失了二〇二艘。

至於攻潛的方法，在第一次大戰時，聲納還未發明，在偵測方面，主要靠瞭望和聽音器，飛機在偵測上也有很大的幫助。在攻擊武器方面，對浮出水面的潛艇則用砲擊，對水下的潛艇則全靠深水炸彈。另一種對付潛艇的方法就是迴避。所有這些方法的效果都不太大，到了一九一七年四月

，協約國的商船損失到了非常嚴重的地步，凡是離開英國的商船，有四分之一都回不來。於是協約國乃於一九一五年五月採用護航制度，到九月間實施全面護航制度，才把情勢緩和下來。

由以上的敘述，其對海權的影響，我們可以得到下列各項結論：

(一)直到第一次世界大戰爲止，人類對海洋的利用，仍以交通要道爲主，對海權的爭奪主要仍是對海上交通線的爭奪。所以海權的目的也並無改變。

(二)海權的組成要素仍然是物產，海運，基地和海軍四項，同時因爲船隻（尤其是軍艦）仍以煤炭爲燃料，所以基地仍佔有極爲重要的份量。海權組成要素也並無改變。

(三)潛艇的歷史雖短，但已證明其爲一種非常有效的海上武器，尤其在破壞航運方面，因此使對海洋的控制，由過去的單純對海洋表面的控制延伸到必須同時控制水下。

(四)潛艇對破壞航運雖極爲有效，但她只是一種否定式的武器，也就是她只能剝奪敵人使用海洋的權利，而無法來確保自己使用海洋的權利。德國潛艇雖使協約國航運業受了重大損失，但她自己的航運則很快就幾乎完全在海上絕跡。

(五)要獲得完整的海權，仍必須擁有強大的水面武器，英國大艦隊之不肯輕易和德國大海艦隊從事決戰，這是一項主要的考慮因素。

五、第二次世界大戰與海權

自第一次世界大戰結束以後，由於科學和工藝的進步，到第二次世界大戰爆發時，對海權有關的重要發展有下列各項：

(一)飛機不但已進步到可經實戰之用，而且已可在軍艦上使用，各主要海軍國家都已擁有航空母艦。同時魚雷也已可由飛機投射。

(二)軍艦已改用石油爲燃料，使燃料裝添作業簡化，並增加鍋爐的效能。

(三)偵測潛艇用的聲納已發明，不過有效距離只一兩千碼。

(四)雷達已經發明。

(五)砲火指揮系統已發展到極爲精確的地步。

(六)德國已發展艦上損害管制系統。

(七)德國已發明磁性水雷，爾後英國才發明艦船消磁法以資對付。

當戰事爆發後，德國和在第一次大戰時一樣，立刻從事通商破壞戰，不但使用潛艇，而且也派出襲擊艦。英國從一開始就實施護航制度，並盡力攔擊襲擊艦，於是發生了一九三九年十二月十二日至十五日的普萊特河口對Graf Spee之戰，及一九四一年五月追擊俾斯麥號之戰。此外當德國入侵挪威時，英德海軍曾發生激烈的戰鬥。在所有這些戰鬥中，除了對Graf Spee號的戰鬥外，空軍陸基的和艦基的飛機，都擔任了重要的角色，它們不但在偵察上發揮了很大的效用，同時在攻擊上也表現了高度的威力。

一九四一年十二月七日，日本偷襲珍珠港，約三〇〇架由航空母艦起飛的飛機，在約三小時的攻擊中，使美國太平洋艦隊蒙受重大損失，同時她的南進部隊，在海空軍支援下，在短短的時間內，席捲了整個東南亞和西南太平洋，十二月十日，英國戰鬥艦Prince of Wales號和戰鬥巡洋艦Repalse在新加坡外海被日本飛機炸沉。這一切事實，使世人體認到飛機對海上作戰的效能。

在大西洋的潛艇戰方面，德國所用的仍多是八〇〇噸以下的小型潛艇，由於英國一開始就實施護航制度，德國潛艇乃採用所謂狼羣戰術，及一九四〇年挪威和法國先後陷落後，德國潛艇可以整個歐洲沿岸爲基地，同時德國的空軍也可沿挪威北端至西班牙沿岸從事對船團的偵察和攻擊，因而使英國的航運損失急遽上升，到一九四一年四月時，高達每月超過六十萬噸。英國調集一切可用的護航艦艇，並以大西洋上八個基地換來五十艘美國驅逐艦增強護航力量，在這一對潛艇的作戰中，也證明了飛機的高度效能。

珍珠港事變後，英美正式聯合對軸心國作戰。鑒於過去海上作戰的經驗，美國以其無可比擬的工業力量，全力建造航空母艦，到第二次大戰結束時，僅護航航空母艦就建造了一百艘以上，由於大量航空母艦的投入，才挽回了大西洋航運的狀況。

此時期美國除了積極參與歐洲的作戰外，所面臨的最緊急課題是挽回

太平洋上的劣勢，並進而擊敗日本。在其龐大的工業力量支持之下，經過六個月的整備，終於在一九四二年六月三日至四日中途島一戰中擊沉了日本四艘航空母艦（加賀、赤城、蒼龍、飛龍）而扭轉了太平洋上的態勢。至一九四五年八月，日本在對外交通幾乎全部斷絕同時本土不斷遭受美國空軍轟炸的情形之下，向同盟國無條件投降。

由以上的敘述，我們可以獲得下列各項結論：

(一)到第二次世界大戰爲止，人類對海洋的利用仍以交通要道爲主，所以海權的目的仍未有所改變。

(二)第二次世界大戰的爆發主要仍由於軸心國家要擴張她的勢力，也就是要爭取更大的發展空間，質言之，仍是要爲她的生產力爭取更大的市場和更多的原料供應。所以海權的組成因素在基本上仍未改變。

(三)潛艇仍是很有效的破壞航運的武器，同時由於使用方法的進步，如果更有空軍的支援下，其效能更為強大。二次大戰後期，美國用於反潛的人員多達六百萬人，每一艘德國潛艇有二十五艘反潛艦對付，每一個德國潛艇人員有一〇〇名英美人員對付。但無論如何潛艇仍脫離不了否定式武器的範圍。

(四)飛機之進步，尤其航空母艦之發展，使制海由第一次大戰時之控制水面與水下更延伸至必須控制空中；同時也改變了艦隊的形態，使雄居海軍王座達五十年之久的戰鬥艦退居輔助地位，而由航空母艦一躍爲成爲艦隊的柱石和核心。

六、三十年來科學工藝的發展和海權

自第二次世界大戰結束到現在正好整整三十年，這三十年可以說是科學和工藝的突破時代。揭開這一時代序幕的當然是美國投在日本的原子彈。原子彈結束了第二次大戰，隨著第二次大戰的結束，興起了一股民族自決的浪潮，過去各列強的殖民地紛紛獨立，因此，建築在殖民地上的大英帝國沒落了，代之而起的當時最富最強且獨佔有原子武器的美國。但不久蘇俄急起直追不但也發展成功了原子彈和氫彈，而且搶先一步發射了第一

顆人造衛星，於是洲際彈道飛彈出現了，不久，世界變成了美蘇兩大超級強國對峙的局面，有人稱之爲恐佈的均勢。一九六一年古巴飛彈危機後，蘇俄積極擴張海軍，到今天已逐漸趕上美國。在這三十年期間，雖未發生如第一二兩次大戰的大規模戰爭，但局部性的戰爭却一直不斷，其中主要的最初是韓戰，然後是中東以阿之戰，再就是越戰，在這些局部性戰爭中，美蘇兩大强國雖未正式衝突，也是間接的較量，所以又有人稱之爲代理戰爭。再加上自二次大戰結束以來一直不斷的冷戰，所以有人說第三次世界大戰已在第二次世界大戰結束之時展開，也不無道理。最近幾年來，再加上共匪鼓動一些新興國家在國際間製造糾紛，把以美俄兩强稱爲第一世界，以西歐、日本等國稱爲第二世界，以亞、非、包括不結盟國家稱爲第三世界，而其自已亦屬第三世界。情勢就變得更爲複雜。因爲這一切都和海權有密切的關係，所以必須加以簡單的說明。現在將對海權發生直接影響的各重要因素，分別加以檢討：

㈠核子彈道飛彈：

核子彈道飛彈發展到今天不但射程已超過七、〇〇〇浬，而且已可攜帶幾個彈頭，並具有高度的準確性。但最重要的還是它驚人的破壞力。核子彈道飛彈的出現，改變了戰爭的本質。

①不求勝的戰爭，戰爭的目的在求取勝利，這是幾千年來的不變原則，但自從核子武器之出現後，人類因爲對核子大戰後果的無法把握而產生的恐懼，極力想法避免核子大戰，因此也連帶影響到傳統性局部戰爭的遂行。這種影響所及，對海權的競爭也將發生根本的變化，但在不求勝的觀念下，即使具有足夠的海上武力，也不能放手將敵人的海上武力予以消滅，因之，既無法確保自己使用海洋的權利，也無法剝奪敵人使用海洋的權利。也因此，在今天海軍的使用上，又多了一項「臨場戰術」（Presense）。也就是當某一地區發生糾紛時，我方的艦隊就要迅速到場，其目的只在表示對問題的關切，而對潛在的敵人發生克制作用，而並無和對方發生衝突的意圖。

②阻止戰爭的武器。武器的功用在遂行戰爭，也是幾千年來的不變原則。但今天卻有了爲阻止戰爭而建造的武器。自從核子武器出現後

，美蘇雙方除了在政治和外交上儘量避免足以觸發核子大戰的情勢外，爲免任何一方從事冒險，於是又產生了嚇阻戰略，建立足夠的核子嚇阻武力，使敵人不敢輕易冒險，潛艇因其獨特的水下運動的隱蔽特性，再加上核子動力後，核子飛彈潛艇遂成爲嚇阻武力的重要部分。這和潛艇自發明以來的功能正好相反。

㈡探勘技術的進步

人類雖已在地球上生存了幾千年，但由於探測技術的限制，人類對地球的瞭解實在有限得很，尤其對海洋的瞭解爲然。過去人類對海洋的探測，只能到達有限的深度，而人類能在水下工作的深度更是有限，因之，人類對海洋的利用只限於交通和有限的漁業，其他各種所需的資源都取之於陸地。但是近年以來，由於世界人口的爆炸性增加，人類逐漸感覺到資源供應之不足，據估計，在未來三十五年中人類所需的金屬要比過去二、〇〇〇年所用的還要多，未來二十年所需的能源將爲過去一〇〇年所用的三倍，而其中最重要的是全世界的食物生產量在未來二十年間必須要增加百分之五十，才能維持快速增加的人口的生存，而陸地所能開發的資源已逐漸減少，於是驅使人類向海洋探索以尋找更多可用的資源。這種要求，由於近年來科學和工藝的進步，予人類以更有效的探測技術，人造衛星使人類可以由地球外面來觀察地球，現在美國已有地球資源工藝衛星（ERTS）不斷地在探測地球的資源狀況，再配合分光照像的技術，可以探測到水面以下的狀況。潛水探測船的進步，使人類已能深潛到水下一二、〇〇〇公尺（法國探測船 Triest），同時更已能在一、〇〇〇公尺的水下生活和工作。到目前爲止，人類已發明了下列各項重要事實：

①海水中含有元素週期表中所有的全部元素，而且含量極爲驚人，據估計海水中含有一千萬噸黃金，四十億噸鈾，二、七〇〇億噸重水，大部分海床都有一層礦球，其成分爲鐵、錳、鈷、鎳、銅和其他稀有金屬，尤其重要的是這種礦藏不像陸上礦藏的因爲使用而日益減少，它們却正在不斷的形成之中，據估計，單在太平洋海床上每年形成的錳礦球就有一千萬噸。

②海床下面石油的儲藏量可能超過一、五〇〇億噸，據統計，一九七〇年全世界每天生產石油三、八〇〇萬桶，其中海域產量爲七百萬

桶，佔百分之一八・五。一九七五年每日生產五、三〇〇萬桶，其中海域產量爲一千三百萬桶，約佔百分之二十五・五。估計到一九八〇年，全球石油每日產量將達七、四〇〇萬桶，海域產量將達二、四〇〇萬桶，將佔全部產量約百分之三二・五。天然氣的情形也是如此。

③現在全世界每年的漁獲量爲五、五〇〇萬噸，而這些魚只是在海洋百分之十一的面積中所捕獲的，以現在的對魚羣的偵測技術和改良的捕魚技術，不難把它增加四倍，而目前全世界有五億人口都患蛋白質不足的病，漁獲量的增加可能是最可行而有效的解決途徑。

以上只是就礦物資源、能源和食物資源三方面略加說明，但由這些事實，很明顯的告訴我們今後人類對海洋的利用絕不只限於交通一項，可以說將來人類的生存可能主要仰賴於海洋，這是科學和工藝的進步對海權所發生的最重要的一項影響。另一項和這有密切關係的是將核子武器安置在海床上的問題。

由於這些因素，近年以來世界上對於海權的競爭增加了一項新的問題，那就是對海洋的管轄權之爭。過去三百年以來，世界各國都承認三浬的領海限度，近年以來，首先由若干新興國家提出擴大領海到二〇〇浬的要求，它們這種要求，主要是出於保護其沿海海底資源的立場，但馬上引起了非常嚴重而複雜的問題。我們只要看一看全世界的海域共計約爲三億六千萬平方公里，如果把領海擴大爲二〇〇浬時，將有一億五千萬平方公里的海域被瓜分而成爲領海，也就是超過百分之四十的海域都將變爲領海。又有些國家主張領海擴大爲十二浬，而將二〇〇浬定爲經濟海域，即使如此，如果領海擴大爲十二浬，全球將有一一〇個國際航道變爲領海，毫無疑問的將對世界航運發生重大影響。聯合國雖已召開了三次海洋法會議希望能訂立一項新的海洋法來解決這些問題，但直到現在仍未能達成協議。

㈢艦船機動力的增加

第二次世界大戰以後，由於核子動力之使用於艦船，同時根據二次大戰的經驗，主要海權國家發展成功海上支援的技術，使艦船的機動力大爲增強，核子動力的艦船固不必說，即使使用傳統動力的艦船，也可在海上長期活動，使艦船，尤其是海軍艦隊幾乎已到達可以無需海外基地的地步

。而其活動時間，逐漸有以人的耐力爲限度的趨勢。美國核子飛彈潛艇之設兩組人員就是一個明證。這一發展大大減低了基地在海權中的地位。

(四)蘇俄海洋勢力的興起。

第二次世界大戰後，蘇俄利用美援積極建立她的工業力量，也開始了大規模向海洋發展的計畫。蘇俄之建立海洋勢力是多方面齊頭並進的，她同時發展漁業、航業，從事海洋探測和建設海軍。今天在地中海上隨時可發現美國艦隊的視界之內就有一支蘇俄的艦隊和它並排的航行著，地中海的制海權已屬美俄所共有，接着於一九六八年開始，蘇俄艦隊又進入了印度洋，使平靜的印度洋再度呈現波濤洶湧的緊張情勢。今天蘇俄已擁有全世界最龐大的漁船隊，世界第六位的商船隊，在海上工作的海洋研究船也比美國的爲多。今天蘇俄的海軍不但艦隻較美國爲多，艦齡較美國爲輕，而且也已開始建造航空母艦，並已有兩艘下水，其中一艘基輔號已於日前試航。蘇俄這一海洋勢力的興起，使世界的海洋形勢和海權競爭發展到一個新的境界。

(五)小海軍的大作用。

一九六七年十月以阿戰爭時，埃及一艘俄製飛彈快艇以俄製史塔克斯飛彈一舉擊沉以色列驅逐艦艾拉特號，使全世界海軍爲之震動，接着一九七三年以阿戰爭中，以色列以她自製的沙亞爾型快艇及自製的蓋布列爾飛彈擊沉埃及和敍利亞飛彈快艇十艘。於是導引飛彈用於水面艦艇作戰的效能更引起各海軍國的注意，因爲導引飛彈的射程可以遠達二〇〇浬，如果裝有這種飛彈的快艇利用天氣掩護或在飛機協助之下，對以航空母艦爲中心的水面艦隊實施襲擊，很可能以微小的代價造成很大的損失。這種可能性使小國的海軍在未來的海權爭奪戰中可能發生較大的作用。例如：美國第六艦隊的航空母艦如果遭遇到這種攻擊，立即就會使地中海的制海權發生決定性的變動。美國海軍一直把飛彈用於對空，對這種面對面飛彈的攻擊，除了把航空母艦特遣部隊的空中戰鬥巡邏（ Cap ）的半徑擴大到三〇〇浬外，還沒有其他因應的方法。也因此，乃使擁有小海軍的新興國家在有關海洋問題，尤其是海洋管轄權方面的發言權更爲響亮，連帶的也就使問題更爲複雜。這豈不是科學和工藝進步所造成的影響嗎！

由以上的說明，可見近三十年來由於科學和工藝的發展，已對海權發

生了遠比過去幾百年更爲重大的影響，這些影響我們可歸納如下：

㈠未來人類的生存將更依賴海洋，而由於科技的發展，使人類對海洋有更深的瞭解，不僅已知海洋具有支持人類生存的資源，而且也將逐漸具有開發這些資源的能力。因之人類對海洋的利用，已不限於交通一項。也就是擴大了海權的目的。

㈡由於科技的發展，人類已具有在海上及海底更大的生存和活動能力，因此，基地的重要性已大爲降低。同時由於海權目的的擴大，使海權的組成要素也發生了改變，在這裏，蘇俄海軍總司令高西科夫元帥在「平時和戰時的海軍」一系列文章中（這一系列文章已受到全世界的重視）所提出有關海權組成要素的意見，很值得我們重視。他說：「我們要開發海洋而利用其資源，必須具有有關海洋資源的可靠資料及開採這些資源的可能方法，因此必須有特製的遠洋探測研究船，科學組織，裝備和人員。要利用海洋作爲聯接各地人民的運輸路線，必須有一支商船隊，一套港口網，支持港口作業的勤務和造船及修船工業。這一切都是一國海上力量（海權）的組成份子。海權的另一個組成份子是漁船隊。而海軍更是海權的主要部份，平時爲執行國家政策的利器，戰時爲達成政治目標的有力工具。」簡言之，他認爲現在海權的組成要素是①海洋研究與探勘設施，②航運工業，③漁撈工業和④海軍。這和上述馬漢的思想已有相當大的出入。

㈢由於「不求勝」和「嚇阻戰爭」等觀念的存在，海權發揮的型態已在改變，完整制海權的爭取有日益變爲不可能或不可行的趨勢。那就是說在海權的行使上既不可能眞正確保自己使用的權利，也不可能完全剝奪敵人使用海洋的權利。

七、結　論

由以上的討論，我們可以得到下列各項結論：

㈠海權思想是人類進化過程中理性自然要求的產物。

㈡馬漢由歷史的演變及人類文明進化過程的分析，將海權思想整理爲

一項有系統的戰略思想。它的內涵可分爲三大部分：海權的目的在利用海洋，在當時是以供作交通要道爲限。海權的組成要素爲①生產，②航運，③基地和④海軍。海權的行使或發揮是控制海洋，也就是要確保自己使用海洋的權利和剝奪敵人使用海洋的權利。

㈢根據馬漢思想形成的過程及過去十年來科學和工藝發展對海權作用的分析，證明海權思想確受科學和工藝發展的影響而有所改變。

㈣過去三十年是科學和工藝的突破時代，其對海權的影響也最重大，海權的目的已不再限於利用海洋爲交通要道，而將爲維持整個人類的生存。海權的組成要素已演變爲①海洋研究與探勘設施，②航運工業，③漁撈工業和④海軍。海權的行使已發展到無法獲得完整制海權的境界。

最後，海權思想既然是人類進化過程中理性自然要求的產物，只要地球上仍有人類存在，同時也仍有海洋存在，海權思想也仍將存在。但科學與工藝將繼續發展，而且其步調將更爲快速，因之其對海權的影響也將更大。如果我們把馬漢的海權思想的內涵稍加普遍化，可能更能適應未來的發展，這一新的海權內涵就是；海權的目的在爲維持全人類的生存與增進全人類的福祉而利用海洋。海權的組成要素爲①利用和開發海洋的智識和能力，②保護海洋開發和利用工作的力量。而海權的行使則在儘力控制海洋以支援海洋利用和開發工作之順利進行。

發展海洋科技開拓總體海權

謝君韜

一、迎接新海洋時代

如果說十五世紀以後的「大航海運動」是人類邁向海洋的高潮，則我們所置身的廿世紀七十年代的海洋開發，將是跨入新的海洋時代的起步。

並世各國，尤其海洋國家，正竭盡全力開發海洋的生物資源、礦物資源、海洋能源、海洋空間、觀光資源、及海運交通，作全面的多目標的努力，而且都已獲致驚人的成長或突破。

臺灣是典型海島經濟的條件，無論為生存為發展，為防守為反攻，皆必須經營海洋，開拓現代化整體海權的優勢。但是我們是有五千年歷史的大陸國家，當然養成了根深蒂固的大陸思想與大陸傳統；所以我們要對海洋有所作為，首須修正大陸傳統的想法和作法，從國策上、制度上、行動上、精神上，將海洋開發與建設列為優先考慮的大事，予以應有的支持與助力，並當為一個整體來規劃推動。今日，應由過去的陸地本位，轉變為海洋本位。將來光復大陸後，則應立國於海陸並重的基礎。我們必須在這經營臺灣的千載良機，為國家在海洋開創萬世不拔的海權規模。

二、海事高等教育的發展趨勢

現代海洋開發與建設，必須有高水準的人才與科技，因其較諸陸上的開發與建設，更為艱難。海權國家對海事教育，無不以國家的力量，積極扶助其發展，提高水準，並定為長期性國策。

例如日本有國立東京商船大學、國立神戶商船大學，培養高級海運人才。有國立東京水產大學、國立下關水產大學，其他大學設有水產學部（系、所）者十六所，其中絕大部分為國立。至於設有海洋科學、海洋開發、海洋資源及海洋工程之大學，不下二十所，且多為國立或由國家所支持

，所以能人才輩出，海洋事業構成爲其國家社會經濟的重要骨幹，躍居世界第一流海洋國家。

韓國於二次大戰之後，復國伊始，即在釜山創辦國立海洋大學、國立水產大學，其他海洋國家對此之重視，趨勢亦大體相同。例如美國，迄無國立大學，但設於紐約的「皇點」商船學院，則爲國立，可見其政府之重視。

由於現代海洋開發及科技研究的需要，各國海事高等學府，除繼續加強大學的教育外，皆注意向研究所發展，俾培養高級的專家。例如美國，以兼有兩洋，對海洋科學的研究發展，不遺餘力。其海洋學術科技研究發展機構，卓具成就著稱於世者，不下四十餘單位。各大學研究所、全國性學術團體，以至海軍的海洋研究部門，皆在分工合作，從事這內太空的開發研究。白宮並成立有「美國海洋科學委員會」，以負統籌協調之責。

日本的國立東京及神戶商船大學，均早已設立研究所。日本的國立水產大學及其他大學的水產學校；都早有高級學位的研究所。例如國立東京水產大學，即設有漁業、增殖、水產食品工業及遠洋漁業等研究所，頒授高級學位。又如鹿兒島大學水產部，並設有漁業、漁業經濟、水產增殖、水產製造等研究所，授予高級學位。

韓國釜山的國立海洋大學（實際爲商船大學）已設有航海、輪機等研究所，而且輪機的研究生已頒予博士學位。其國立水產大學設有水產物理、食品工業、水產生物、水產經濟、水產經營等部門，並頒予博士學位。

爲擴大學術界與企業界的合作，各國正循兩個方向發展，而實際是殊途同歸：⑴是各大企業集團紛紛成立海洋開發部門，羅致各大學海洋專家學者，爲其企業在海洋開拓新事業。在美、日等國，此一發展已構成爲企業界一大新的特色。⑵是各國海洋學府，爭相創立「研究發展中心」，由海洋企業多方予以財務支持或委託，代爲研究急需解決之問題，或研擬開發方案，互相合作，各盡所長。

例如韓國的國立海洋大學，成立有「海事問題研究部」，設置航海運用、輪機管理、海難研究、船體安全、船員問題、海運問題、自動控制、原子商船、海事法學及海運政策等十餘個專門研究所。國立水產大學亦設有海洋科學研究所、水產企業研究所，接受政府與民間企業的委託，作爲

海事問題的專案顧問，對於韓國的海洋開發與海洋建設，很有貢獻。

三、我國應致力之途經

我國海事教育之現行學制：①有省立海洋學院，採綜合性體制，已有十學系及二研究所，可以分爲四大部分，即海運商船、漁業、海洋工程、及海洋科學。②各大學及學院亦有分設有關海事之系所，現有臺大、交大、成大及文化學院，各設有若干海事學系或研究所。③有五年制海事專科學校兩所。現制之優點，因多係按實際需要，逐漸成立發展，故無一般學制過於機械化，或僅注意系統之完整，而忽略實際需要之弊。

但亦正因如此，其缺點爲體制零散，未能作整體長期的規劃，相互之間亦未能圓滿銜接配合；加以我國此類專家及國家財力有限，過於分散零碎使用，既不經濟，尤不易獲得圓滿之成效，亟有待改進加强。

針對各國海事高等教育及科技發展之趨勢，我國之現狀，及今後海洋開發建設之需要，首應確立致力的目標，本人的看法：①海洋開發是國際性的競爭，所以應引進吸取各國之所長，在科技及管理經營方面，必須趕上世界海洋國家的水準。如果取法乎中，採取次等水準的作法，則其結果，難免永遠落伍。

②各級海事院校的科系、課程內容、教學方式、數量與水準，均應配合國家海洋開發建設的需要，隨時作機動的調整，切忌像一般學校傳統的一成不變，亦不可一窩蜂的盲目膨脹。第一步目標，應培養足夠人才，以達自力開發之能量。例如目前海域石油開發依賴外人的情況，必須有及早改變的計畫與行動。第二步目標，應估計各國可能的開發需要，協助其他國家，作海洋科技人才的輸出，展開新的國際合作，建立新的國際關係；並藉此突破我海島資源貧乏的弱點。

③海上工作及海洋開發，至爲艱苦，必須培養海校員生冒險犯難之精神，及開創事業的雄心。教育內容除注意海洋專門學科外，復應注意史地及民族文化教育，培養對國家高度的忠誠，陶鑄其完整的人格。

基於上述目標，我國的海事教育，需要有更完整的體系，以培養海洋開發所必備的各級各類的人才。不容諱言的，現在各級海事學校，皆患在

先天不足、後天又不足。在過去，政府限於財力，海事教育所獲得的支持，可能較任何教育環節爲少。近年來已開始注意，但仍有待於實際的行動。最近教育部成立海事水產教育規劃小組，檢討研究，廣徵各方意見，作爲更張加强的參考，這是很合理很實在的做法。我們希望能以此爲起點，引發爲我國海事教育突破性的發展。

就海洋高等教育及海洋科學的研究發展而言，以我國有限的人才與財力，必須有計劃的、集中的經濟使用，而且凡所支出的經費，都應追蹤考核其實效。首先要培養一所完整的、具有國際水準的海事學府，針對需要增設必要學系及研究所，倣照海洋先進國家辦法，給予高級學位，培養高級專業人才。同時擴大建教合作，與公民營事業共同籌設各類海事的研究中心，成爲海洋開發的諮詢顧問機構。該校並應爲海事水產職校及專科學校，培養優良師資，所以要酌開教育選課及研究所，以應此需要。

省立海洋學院、文化學院現在已規模粗具，只要再加支持擴充，便可以擔負此項任務。將來如能更進一步的集中人才與經費，整體規劃，合作發展，則可形成爲我國「海洋開發中心」，對於今後之海建推動，可收事半功倍之效。

四、國策目標的貫徹實現

行政院蔣院長最近在立法院，作施政報告時指出：自六十二年起實施的「六年經濟建設計劃」，海洋開發及建設已列爲重點之一。這是我國邁向海洋第一次國策目標的揭櫫，至少今後十年至廿年，應列爲「海洋開發的年代」，只要我們對這方面做得好，便可帶動整個建設，加速進步，一躍而躋於世界先進工業國家之席。

這是一項萬分艱巨的事業，需要具備的因素很多，但教育與人才則是關鍵，基本的基本，現在開始重視，積極規劃進行，正是適當的時機。因爲我們今天是置身於十足海洋的環境，而且已經相當具備開發海洋的條件，是全面開發海洋最有利的階段，正可乘勢有所作爲，與其他海洋國家共享海洋的資源與福澤，成爲現代化總體海權的國家。

海洋專屬經濟區對我國海洋資源權益的影響

汪威錞

一、前　言

現行國際法關於海洋資源管轄權的規定，是以聯合國於一九五八年在日內瓦召開的第一屆海洋法會議所通過的：「領海及鄰接區公約」、「公海公約」、「捕魚及養護公海生物公約」及「大陸礁層公約」等四個公約爲基礎。不過，六十年代以來，由於人類對於海洋的需求日增，以上四個公約已無法適應目前的狀況，概言之，領海寬度究竟多少，迄今仍無統一的規定，大陸礁層的外界應如何加以限定，亦無一定的準則，尤其「公海自由」原則，更易造成工業大國對於海洋資源壟斷的局面，所以聯合國又於一九六〇年在日內瓦召開第二屆海洋法會議，但是此次會議並無任何結果。一九七二年，聯合國又開始籌備第三屆海洋法會議，亦分別於一九七三年十二月在紐約召開第一會期（Session），一九七四年六月至八月在卡拉卡斯召開第二會期，一九七五年三月至五月在日內瓦召開第三會期及本年三月至五月在紐約召開第四會期，參加的國家皆在一百四十國以上，爲歷屆海洋法會議中最多者。上述第四會期已於本年五月九日在紐約閉幕，據報業已草擬一項新海洋法公約的條文，並定於本年八月二日至九月十七日在原處召開第五會期，以對是項條文的草案繼續進行討論。

第三屆海洋法會議目的在訂定一項單一的海洋法公約，其內容雖然包括幾乎一切海洋法的問題，但對海洋資源管轄權關係最大者，即爲專屬經濟區（The exclusive economic zone）問題，茲僅就此一問題及其與我國海洋資源權益的關係加以研析如次。

二、專屬經濟區的由來、概念及性質

二次大戰以來，由於陸地資源普遍缺乏，海洋資源日漸發現，以及開

發此等資源在技術上的進步，工業國家每以「公海自由」爲藉口，在開發中國家的近海大肆開發，開發中國家爲了保護其近海的天然資源，則以「國際法上並無關於領海寬度的一定限制」爲理由，紛紛宣佈擴張領海的界限，其中甚至有達兩百浬之多者。不過，領海是構成國家領域的一部份，如果各國競相擴張領海的界限，結果必將導致國家主權的衝突，進而危及世界和平，而開發中國家所以擴張領海的界限，目的旣在保護其沿海的天然資源，故如在沿海設立一定的區域保障沿海國在該區內對天然資源的利益，旣可緩和國家主權因領海擴張衝突的尖銳化，又可達到沿海國保護沿海天然資源的目的。因此，第三屆海洋法會議對於領海問題乃採取如下妥協的辦法，卽：開發中國家同意將領海界限的要求縮減爲十二浬，工業國家同意在領海之外得建立一專屬經濟區，但其範圍連同領海在內，最多不得超過二百浬，專屬經濟區的構想於焉成立。

專屬經濟區又稱承襲海（The patrimonial Sea），是海洋法上的新名詞，它在一九四五年杜魯門發表關於大陸礁層的宣言之後，已爲一些國家所主張，但在國際法上獲得普遍的重視，則係始於一九七二年中南美十國所簽署的聖多明各宣言，其意爲：沿海國對鄰接領海一帶稱爲承襲海的海水及海底之一切可再生及非再生資源（renewable and nonrenewable resources），包括海中魚類，海底石油、天然氣及其他各種礦物，享有主權上的權利（Sovereign rights），但其範圍連同領海在內，最多不得超過兩百浬。去年三月至五月在日內瓦召開第三會期所發表的「單一文件」（Single Text），其中第四十五條以下各條關於專屬經濟區的規定，卽係以此作爲基礎。不過，關於沿海國對專屬經濟區權利的性質如何，開發中國家和工業國家之間仍有相當的歧見，進言之，卽開發中國家爲了貫徹保護沿海資源的本旨，認爲其對專屬經濟區的權利應該是一種排他的專屬權，因此，沿海國在該區內卽使不進行開發，其他國家對之亦不得有所主張，以美蘇爲首的工業國家基於殘餘的霸權思想，則認爲此一權利應該是一種優先權（Preferential），因此，沿海國對於該區內的某資源如無力加以開發，則不得拒絕他國合理的開發。

雖然，沿海國對專屬經濟區權利的性質不論是專屬權或優先權，因其內容只限於可再生及非再生的天然資源，空間亦只限於海水及海底，故爲

單一的權利，而非概括的主權。因此，專屬經濟區在性質上顯然並非領海，它毋寧是公海自由的一項例外，即除了該區內海水及海底的可再生及非再生資源應受沿海國的管轄之外，其餘一切法律關係仍應適用公海自由原則。

三、專屬經濟區與我國海洋資源的權益

由於專屬經濟區在空間上包括海水及海底兩個部份，所以關於其對我國海洋資源權益的影響，亦可從海水部份的可再生資源與海底部份的非再生資源分別加以觀察。

(A) 海水部份的可再生資源：

依公海自由原則，各國原可在公海自由捕魚，但是沿海國在專屬經濟區之內，基於其對該區內海水部份可再生資源特有的權利，却可排除他國漁船在該區內的捕魚活動。由於魚類大都在大陸邊緣的淺海地區浮游繁殖，而專屬經濟區的範圍又有兩百浬之多，所以如果各國普遍設立專屬經濟區，因該區面積的佔海洋總面積三分之一，屆時我國亦將喪失的三分之一現有的遠洋漁場，這對我國正在發展中的遠洋漁業十分不利。

(B) 海底部份的非再生資源：

依大陸礁層原則（The Doctrine of Continental Shelf），沿海國對大陸礁層行使主權上的權利。我國東海大陸礁層自東部沿海向東自然延伸約達四百浬之遠，以深達一千公尺以上的琉球海溝作爲中日兩國的天然界線，目前政府已根據一九七〇年公佈的「海域石油礦探勘及開發條例」自台灣南端以北至長江口以南沿着琉球海溝西側劃定五個礦區，分別交由中國石油公司單獨或與外國公司合作探採，而琉球群島西部沿海與琉球海溝之間的距離大都不及一百浬，所以如果日本設立專屬經濟區，因專屬經濟區的範圍可達兩百浬之多，則我國東海大陸礁層東側一百浬以內的部份，即我國現有第二、三礦區的一小部份及第四、五礦區的一大部份將與日本的專屬經濟區發生重複，屆時勢必引起權利衝突的爭執。

四、各國對專屬經濟區的態度

按專屬經濟區現在還在第三屆海洋法會議擬議之中，它既未見之於國際實例，亦未通過成為一項國際公約。不過，如上所述，專屬經濟區的構想原是開發中國家為了保護其沿海資源之不受工業國家的掠奪而提出的，以美俄為首的工業國家因迫於大勢所趨，且為緩和開發中國家大幅擴張領海的要求，乃不得不勉為同意，至於共匪為了討好衆多開發中國家，並藉此打擊美俄的海上勢力，更是顧不了自己國家利益的立場，故在歷次國際會議之中，亦皆一再揚言支持兩百浬專屬經濟區的主張。

尤值注意者，是日本因為遠洋漁業極為發達，而又地處海島，缺乏廣大的大陸礁層，所以在一九七四年的卡拉卡斯第二會期時，乃一方面反對專屬經濟區，藉以保持其遠洋漁場，他方面倡言大陸礁層的外界應以兩百浬為限，企圖分享我國東海大陸礁層在此範圍以外部份的利益，以填補其不設立專屬經濟區的損失。不過，由於各國大多贊成設立專屬經濟區，只有日本是此次會期中唯一持反對立場的國家，故在會議時曾被譏為「除一國之例外」。因此，在去年日內瓦第三會期時，日本乃改採軟的姿態，不再堅持反對的立場，但仍以遠洋漁業國原來已在他國專屬經濟區內捕魚的既得權應受保障為其保留的條件。

由是觀之，專屬經濟區的設立，似為目前世界各國一致的要求，最近三月至五月間在紐約召開的第四會期之中，與會各國對專屬經濟區的設立又作原則性的確認。雖然第三屆海洋法會議所討論的問題十分錯綜複雜，各國的利害又不一致，所以未必即能在最近的將來達成一項單一海洋法公約的協議，但是專屬經濟區的設立已是勢在必行，故在歷次會議均無結果之後，一般預料各國可能採取片面立法的單獨行動。這樣一來，專屬經濟區即使未能被定於海洋法公約之中，亦將依循國際習慣法的老路，基於國際實例亦步亦趨地自然形成。

五、我國應有的認識與對策

如上所述，專屬經濟區對我國的海洋資源，不論其為可再生資源或非再生資源皆極不利，而專屬經濟區的設立，又為目前各國所共同嚮往，尤其是我們的鄰國日本，雖然對專屬經濟區的態度一再更改，但其最終的目

標，仍在保持其遠洋漁業的利益，以又侵奪我國東海大陸礁層的權益，不可不予注意。故爲保障我國海洋資源的正當權益，似宜儘早有所準備，茲謹提出下列三個對策，以供參考。

(A) 如果各國未設立專屬經濟區，我國亦暫不設立：

專屬經濟區既然對我國海洋資源的權益極爲不利，所以在各國未設立之前，我國不應先行設立。況且，我國東海大陸礁層平均寬度皆在兩百浬以上，最寬處且有達四百浬者，故如我國設立專屬經濟區，不但不足以涵蓋現有大陸礁層的範圍，反之，如果日本亦起而效尤我國基於立場的關係，將不便反對，結果徒增我國東海大陸礁層東側一帶權益的糾紛。

(B) 如果日本單獨設立專屬經濟區，我國可不承認：

按專屬經濟區現在只是一個主張，它既未通過成爲一項國際公約，亦因缺乏國際實例，故未發展成爲一項國際習慣法的原則。因此，如果日本片面設立專屬經濟區，在國際法上對我國應無拘束力，我國對之自可不予承認。

(C) 如果各國大都設立專屬經濟區，我國應即設立，但應以尊重我國東海大陸礁層的既得權益爲保留條件：

如果各國大都設立專屬經濟區，或者專屬經濟區已通過成爲一項國際公約，而且參加此項國際公約的國家爲數極多，則專屬經濟區已發展成爲一項國際法習慣的原則，對於我國自亦有其適用。於此情形，我國應即設立專屬經濟區，始足以保障沿海一帶天然資源的權益。但應以繼續享有東海大陸礁層東側一帶與日本專屬經濟區重複部份礦區既得的權益爲保留條件，是項保留，係以國際法上「既得權應受保障」的原則爲根據，應屬有效，上述日本在第三會期於同意設立專屬經濟區時，曾以遠洋漁業國原來在他專屬經濟區內捕魚的既得權應受保障爲其保留條件，即係基於此一原則的主張。

雖然，我國之不設立專屬經濟區，固然有利於東海大陸礁層兩百浬以外礦區的保全，但是不可否認的，却將失去對兩百浬以內可再生資源的控制，爲了彌補這一損失，我國可以單就水域部份設立一定範圍的漁業區保護，給予本國漁船在該區內的捕魚優先權，外國漁船只有在該區內魚獲量超過我國漁船捕魚的能力時，始能獲准入內捕魚。按關於海上捕魚問題，國

際法向來的原則是：沿海國在領海內有專屬的捕魚權，在領海外的公海，依公海自由原則，世界各國均有平等的捕魚權。但兩次大戰以來，沿海國對領海內專屬捕魚權有向公海擴張的趨勢。現在世界上設有超過領海範圍捕魚區的國家已達四十餘國，一九七二年國際法院對英國與冰島關於捕魚區管轄權一案的判決，亦曾確認目前對於十二浬界限以外海域的捕魚問題，已有新的習慣法存在，即係反映了此一趨勢。尤其美國總統福特，更於本年四月十四日簽署一項漁業領海法案，將目前距離海岸十二浬以內的美國漁業領海，擴張至兩百浬的範圍，由於美國是世界主要的海權國家，所以美國的此項立法，對於其他各國可能發生帶頭的作用。因此，我國如果設立漁業保護區，在國際法上應無問題，至於該漁業保護區的範圍究應如何則應視實際的需要、鄰國的反應以及國防的考慮而定。

如上所述，就現在海洋法的趨勢看來，專屬經濟區之被規定於一項海洋法的公約或依國際實例發展成爲一項國際習慣法的原則，乃是勢所難免的，因此，在新海洋法尙未完全形成之前，我國應該把握時間，儘速在東海大陸礁層東側一帶現有的礦區進行開發，以增强將來對日可能交涉時的既得權立場。

有望於海洋研究所者

董浩雲

海洋佔整個地面百分七十一，在歷史上是防禦外來侵略的屏藩。在現世界是導致社會進化的通衢。雖說人類已征服了海洋，艨艟巨舶無遠勿屆，但杳渺無際的大海，還蘊蓄着無限的寶藏，等待人類去發掘。科學技術的進步尚未能完全控制這波濤洶湧，變化萬千的大海。因此以海洋爲研究對象的學問，一方面好像浩瀚的大海，漫無止境；同時也替科學發展開闢一條新的途徑，爲人類造成許多新的機會，也是對人類智慧的一個新挑戰！

人類以舟楫爲交通工具，早見古籍，海上運輸在中國歷史上也可遠溯秦漢，可見航運和造船的學識，由來已久，而海洋學的研究成爲一種有系統的學問，即使從英國輪船「挑戰者」號 “Challenger” 完成環球探測航行（一八七二——一八七六）的創舉起算，尚不到一百年。海洋學所包涵的範圍，從淵深的海底一直到海面以上，因此和氣象學有不可分離的關係。就海洋學本身而言，它所研究的對象，包括海流和潮汐的物理作用，海底和其冲積物的地質變化，海水與溶解物質的化學作用，和海底動物與植物的生物狀態。實在是一門包羅萬象的綜合科學。

美國有十多間大學設有海洋學系，都具有相當的規模，但對這方面的研究成就最大，造就人才最多的莫過於加省省立大學在拉荷雅所創設的 Scripps Institute of Oceanography 和麻省的 Woods Hole Oceanography Institute，前者着重海洋地質學和物理學方面，後者側重海洋生物學和水產學。有一個經常擁有五、六艘探測船的船隊。這兩所研究機構，不特吸收了各大學海洋學系和其他有關學系的畢業生，擔任研究和實驗工作，就其本身研究所得，發表許多專題報告，且與世界各地的海洋研究所交換資料和交換研究人員，並協助其創設與擴展。世界其他科學發達的國家，像英、法、德、意和挪威等，都有設備完善的海洋研究所。至於遠東則以日本新西蘭爲最傑出。我國之有海洋研究所，當以中國文化學院爲嚆矢。雖然事屬初創，人力和物力均尚不足，但由於張曉峯先生的創導和所內各位專家的規劃，既可以全世界各先進研究所爲借鏡。並爭取他們

的協助和合作，相信急起直追，將來的成就是未可限量的。

中國文化學院創辦海洋研究所揭櫫四大目標：㈠倡導並鞏固海權思想；㈡發展航運與建設港埠；㈢研究運用海洋資源；㈣培養海洋科學人才。目光是遠大的，當然責任也是艱鉅的。我們追念　國父在領導革命，首倡民國以後，念念不忘於交通建設，認此與國脈民命息息相關，他在實業計劃中，把建設港埠，促成水陸聯運，視爲經濟建設基本條件之一。他對於開闢北方、東方和南方大港，曾有很詳細的闡述和設想。我們在景仰先賢高瞻遠矚之餘，更感覺使命的重大。浩雲從事航業三十餘年，因各人的經歷，更體會到航業對於國防與經濟建設實有無可分離的重要性。

現代科學的發展；已從原子時代轉入太空時代。航業跟隨時代進步，運用原子能來推進商船已從理論而進於實踐。因爲電子研究的成功，用雷達和羅遠 Loran 設備來策進航海的安全和測定船舶的位置，使人類企圖征服海洋的雄圖更進一步。爲了節省人力物力，各種用自動控制的樞紐亦已介紹給航業方面。電子計算機的使用，無論對航業管理或造船工程都有很大的貢獻。可見人類在航業方面已面臨一個新的時代。

中國的航業雖然尙遠不如人，但由於國人的克苦耐勞和聰明才智，中國海員對於世界航業卻有極大的貢獻。據我所知，現在世界上由中國海員駕駛的船舶約有三百萬噸，產生了許多優秀的船長，輪機長和其他高級船員。卽使超過十萬噸的大船交給他們駕駛，還是綽有餘裕。事實證明，我們的工程專家也已擔負起建造巨型遠洋船艦的重任，這當然是值得我們驕傲的。但是從另一方面來看，我們對於海員的訓練尙嫌不足，而且尙跟不上時代。譬如說，我們現在尙找不到一組完整人選能夠擔當駕駛與輪機方面全部自動控制設備的新船員。可見對於航海人員的訓練，我們尙須加緊努力。

三十年來浩雲從事航業，除了策劃如何增進本身的業務以外，常有一種抱負，想對祖國甚至世界航業界多少有些貢獻。就過去的經驗，新的嘗試起初總是十分艱難，而且不免擔心，事後苦盡甘來，就感到莫大的欣慰。

在一九五九年我們的「東亞巨人」號油輪完成的時候，蘇聯最大的油輪只有四萬噸，美國最大的油輪「國防」號也不過六萬噸，而「東亞巨人

」則已達七萬噸，因此引起國際間的注意。承造這艘巨輪的日本佐世保船廠憑其所獲得的經驗，再接再厲，在去年完成了世界最大的十三萬三千噸油輪「日章丸」。我們現在日本浦賀船廠訂造的一萬二千五百噸高速度貨輪，因為採取革命性的船売設計，稱為"Semi-submerged system"減少波浪的阻力，增加航行的速度，這消息發佈後，即轟動國際造船界，譽為空前的進步，此一設計是日本造船專家丸尾孟教授根據我國卞保琦博士的理論所推演出來的，實在是我們東方人的光榮。這艘新貨輪和現在我們正在長崎建造中的十一萬八千噸油輪都將裝置自動控制設備，作為我們的船隊趨向於自動化的試驗。這艘十一萬八千噸油輪在完成之後，將租賃與日本東亞燃料會社，經常行駛於日本與中東之間，運輸原油，在日精煉。東燃是美國美孚和標準石油公司聯營機構，是世界上大規模油公司之一。這艘新油輪將試用美國奇異電氣公司最新發明的兩萬五千匹馬力 MST-Type 13透平機，以求節省燃料消耗，增加運油噸位。提起透平機，奇異公司又將完成一種 Reheat Plant 的設計，提高蒸氣的溫度和壓力，使燃料的消耗，可與內燃機相近，這項發明對於節省航運成本，將有很大的貢獻。我們已經決定在以後訂造的船隻中採用。當然我更切望總有一日我們的船隊能達到用原子能發動和完全自動化的目標。這應該不是很遙遠的事情。

上述的幾個例子不過是拿來說明科學和技術的進步是無止境的。我們想趕上時代，比歐美許多科學發達的國家，更要加倍努力。但是因為國人具備許多先天性的優點，而且航業和造船的設施多少已粗具規模，並已取得國際的合作，譬如像最近因聯合國的協助而成立的航業發展中心，即為顯例。所以亦不難在相當時期內達到目的。航運和海洋學一樣，是一種綜合性的科學，但其所包含的範圍實在更廣，因為這不僅是純科學的研究，而包涵許多社會、政治、經濟、法律和管理問題。中國文化學院海洋研究所已羅致了國內各方面的權威和專家在他們共同努力之下，分門別類，從事鑽研，必會有輝煌的成就。

海洋研究所的「海洋彙刊」創刊號（現已出至十六期）預期在　國父百年誕辰紀念日出版，實具有深長的意義。相信已廣徵許多專家的宏論，可供有志於研究海洋科學的人士的參考，達到切磋觀摩之效。我不過是

希望就自己所看到的海洋研究所應該努力的途向，發抒一些非常粗淺和簡陋的見解，願就正於所內外有志的人士。

華岡海洋

陳俊明

十一年前，國內大專院校尚未有海洋學系之設立，由於本校董事長張其昀博士的高瞻遠矚，深知今後海洋科學對人類社會、國家民族之重要性。於是邀請海軍中將關世傑將軍在本校創辦海洋學系，以開中國海洋學術風氣之先。十一年來承蒙各界熱心的協助與指教以及老師、校友們的辛勤耕耘，至今初具規模。

創辦人曾說：「在本人心目中，本校海洋學系…前途饒有發展餘地，將來可能擴充爲海洋學院……」。的確，華岡海洋，是有些許成就，然吾人該做的、該發展的，實在太多了。這僅是發展的開端，第二個十年是中國海洋事業的創始。人才的培育是事業創始之根基，我們要以興學、學術研究來促進海洋科學，海洋企業的發展。願我海洋學系全體師生，戮力推動、創建，爲我海洋事業開創新局。

値兹嘉年，謹述點滴，以就教於高明，並請不吝賜教，則不勝感激。

一、海洋學系之創設及擴展

本校海洋學系於民國五十四年夏季奉准設立。民國五十八年又奉准改組，更名爲海洋系，並擴大分設海洋學、航海學及漁業學三組，民國六十三年又將海洋學組正名爲海洋地質組，漁業組正名爲海洋生物組，航海學組仍舊。迄今，先後已畢業學生八屆，共計四百九十人。

二、圖書增購與海洋書刊之編訂

本系多方面蒐集國際及國內有關教材與參考資料，如中國石油公司、海軍總部、基、高港務局均捐贈圖書模型及標本。台大教授林朝棨博士贈送珍貴貝殼標本圖書，馬廷英博士更將一生研究之珊瑚，全部捐贈海洋研究所，還有美國各著名大學、內政部地質調查所及王鳳翙博士經常捐贈新

版之圖書甚多，此外，本系所自行編印海洋文庫已陸續出版，如最具歷史性且廣行推銷國內外之「海洋彙刊」，自民國五十五年三月初版迄今，其論文統計如附表，總計有兩百三十餘萬字，現已出版至第十六輯。爲報導系友在海內外動態，特出刊「海洋通訊」，現已出刊至第八輯。

三、獎學金之設置

㈠學系成立之初，即蒙世界航運鉅子董浩雲先生鼎力支持，先後捐圖書購置費美金壹萬元及獎助學金新台幣拾貳萬元。

㈡中美文化技術服務基金會創辦人蔣一成先生，特捐助本校獎學金十萬元，以本校海洋研究所與海洋學系地質組在校同學爲對象，研究生每名爲五千元，大學部每名貳千元。

㈢本系畢業生程遠飛同學獨捐一萬七千餘元，做爲海洋地質組學生之獎學金，其他同學零星捐助彙刊印製費者尚多。

㈣M、T、L航運公司於六十一年捐贈圖書購置費美金三千元。基業船務公司董事長李宗吉先生透過航運學會每年捐贈航海獎學金多名。此外高雄、基隆扶輪社，先後亦曾捐贈獎學金。

㈤新興航業公司每年捐獎學金十名予航海組，每名每學期爲四仟元。

四、中華海洋學協會之成立暨海洋學會之輔導

㈠中華學術院海洋學協會之創設－另有專文報導，玆不贅述。（應補充）。

㈡海洋學會爲本系全體畢業生所組成。藉聯誼增進感情，以團體扶助個人，以校友之成就光耀本所系爲宗旨。於六十二年九月十六日上午九時假母校大恩館五樓舉行成立大會，並選舉理事七人，幹事六人，首任會長爲李昭興先生，總幹事爲林再興先生。本理事會在系所指導下，應母校之囑託，每年選舉傑出校友一位，附以具體事實與貢獻，由母校於重要典禮時

海洋彙刊論文統計表

期間	開別	封面	總字數	論文性質區分（篇）					
				海洋	航藝	生物	物理	化學	地質
一	16	套色	266500	10	4	1	5	0	0
二	16	套色	210500	19	12	5	0	0	0
三	16	套色	222500	10	8	1	7	4	4
四	16	套色	196120	10	3	3	5	3	0
五	25	套色	187200	10	0	0	0	0	3
六	25	套色	106200	2	0	4	4	0	2
七	25	套色	119000	5	3	4	5	1	0
八	25	彩色	117000	6	4	4	0	6	3
九	25	彩色	144900	4	4	7	5	0	3
十	25	彩色	164150	0	1	8	5	7	5
十一	25	彩色	104500	3	5	2	0	2	6
十二	25	彩色	124000	2	3	0	2	0	12
十三	16	套色	73500	2	3	8	2	1	3
十四	16	彩色	218000	14	6	3	1	0	6
十五	16	套色	110000	6	2	3	2	1	3
總計			2364070	103	58	53	43	25	50

，頒授獎章，予以榮譽。另外尚有海洋研究會，爲海洋研究所畢業同學所組成。首屆理事長爲陳紹熙先生。

組成上列團體，其目的以在校畢業同學與社會大衆力量相結合，同舟共濟，發揚海國衆邁精神，共同創造中國海洋事業。

五、建教合作之推展

本系自成立之日，即積極從事建教合作之推展。經不斷之努力，目前已有良好之基礎，玆分述如下：

㈠本系接受各單位之委託從事專題研究。已完成者有「石油對海洋及港灣污染之研究；台灣海峽海洋氣象研究；人工魚礁研究；台灣重砂之研

究；金瓜石海域金屬砂礦之探勘研究；1976年台灣沿海潮汐預報蘇澳港漂砂之研究與港灣污染防制之研究。」

(二)本系所與野柳水族館及海洋企業公司等訂立合約，由該方供本系學生實習，並協助其作業與經驗。

(三)去年九月間，開發碧園漁業養殖場，加强漁業生物實習及研究工作，現正與農復會合作從事山坡地涉水養殖之試驗工作。

建教合作之開展，非僅直接有助於教學，且可開闢學生就業之機會，故今後當全力以赴。

六、海洋研究所之成立

本校爲貫徹研究目標，積極培養海洋科學人才，於六十一年奉准成立海洋研究所；正式招收碩士班研究生，至今畢業生廿四名，在校生廿九名。本所分海洋礦產資源組、生物資源組及航運研究組。以開發海洋礦產資源、海洋生物資源、研究航業經濟與管理。如今畢業同學在中油公司海域探勘處任職者有4人，總地質師室1人，礦業研究所一人，台大海洋研究所一人，其他航運組五人皆任職於國內外各大航業機構。目前正擴展研究範圍。

舉辦海洋特展：除屬在科學館展出外，並於本年三月在華岡博物館展出，使教學與研究相配合，啓發學生自動自發之研究精神。

七、國際海洋科學之合作

自海洋研究所闢主任於六十二年五月下旬出國訪問後，一系列的國際海洋科學合作於焉展開，先後有美國哥倫比亞大學拉孟特海洋研究所贈本校海洋研究所海底岩樣，然後協助其研究並提出論文。翌年八月，本系校友李昭興及田正平應邀參加「康拉德號」作「中美合作探勘南海」，研究南中國海、東沙、巴士海峽、東台灣海域的地質。此外，最新之南海地質岩樣之研究工作即將展開，使本系所之研究擴展至國際海洋學術界。

六十三年十月中旬德國西柏林工業大學礦業研究所重砂專家 Joppich

來台與關所長研究台灣海濱重砂之採、選、煉製開發計劃。此項科技合作，將使本校在企業發展上開創一新途徑。刻正向製礆，製鹽與航運港埠方面發展。

八、展望

海洋系所之先後成立使華岡海洋教育，已構成了完整的教育體系，今後不但求量的增多且求質的提高。更求設備圖書的更新與就業創業的建立，以達成興學、研究、企業三位一體的發展。發揮人力資源力量，積極開採海洋資源的財富。其計劃構想如附表：

㈠擴充成立海洋學部：積極籌備增設輪機系與造船系等，以配合國家經濟建設的需要。此外，繼續申請航海系招收雙班，俾增加教育成就，減低教育成本。並計劃招收夜間部或辦理海洋推廣教育以擴大教育效果。

㈡為研究海洋生物建立××濱海工作站。為發展漁業成立之漁業公司，並開發碧園漁業養殖場，加强漁業生物實習、實驗及研究工作。為發展航業與輪船公司建教合作，為學生開闢實習就業的機會。

㈢推展海洋國際合作與建教合作：使本所系教育與實際經建工作配合，有助國家建設。如重砂、海底煤炭之開採，海水淡化港埠之開發，潮汐之預報等。

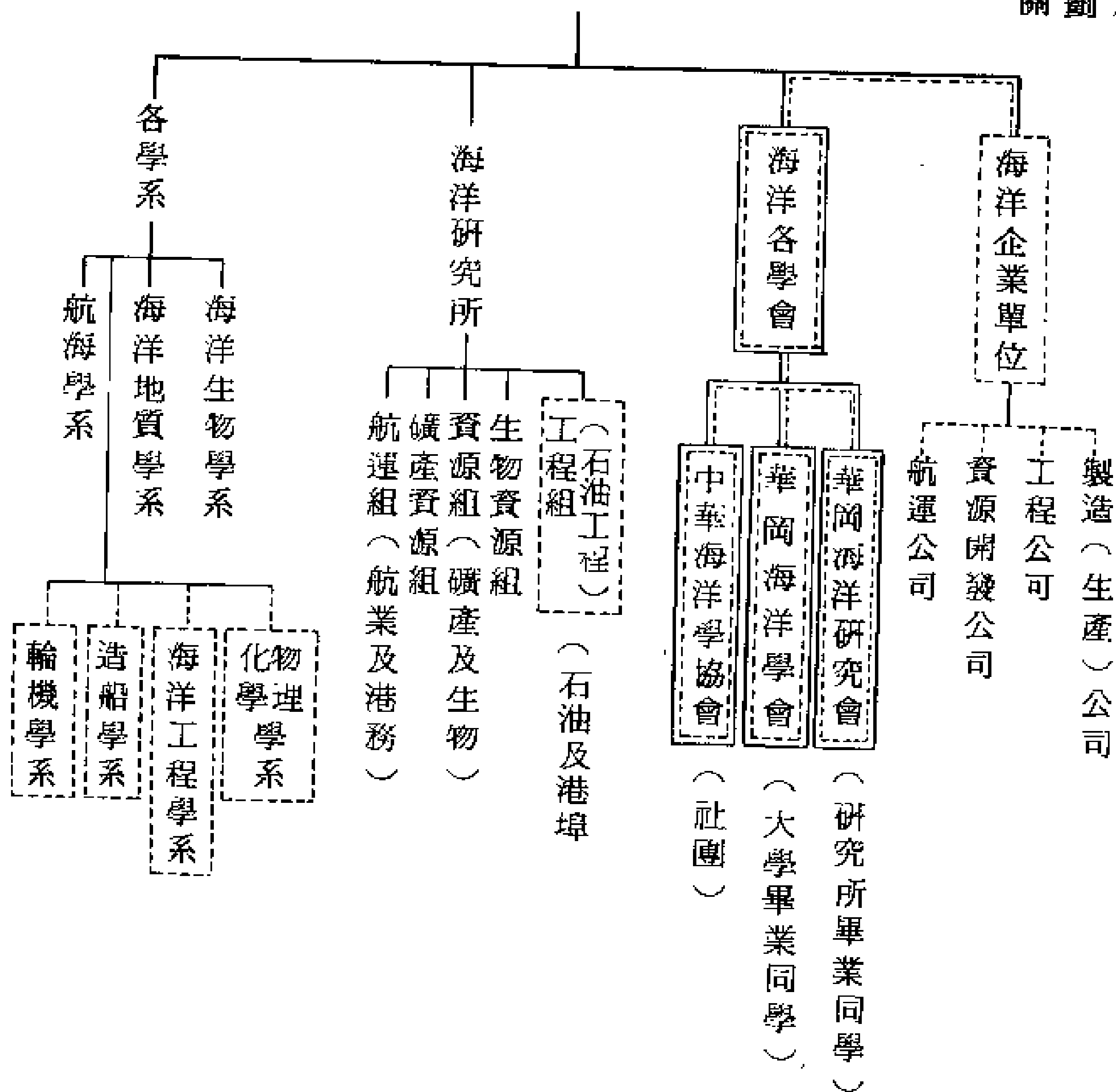
㈣成立海洋企業公司：輔導同學創業，廣泛開展就業機會，使在校同學有書可讀，有新式設備可用，有新型海洋儀器實習船隻行駛，有自己辦的公司供服務，有很多生產、貿易、實業來做「生財之道」。

㈤延聘師資及增加科學儀器：延攬國內外海洋科學及航運界之權威名流學者講學，以加强教授陣容。並準備設立海洋館，使理論與實際相印證，培養學生為手腦並用之幹部。

㈥繼續充實教材、管制進度、修訂海洋系所各系所教育計劃，以適應教育部最新課程規定、未來教育之發展與時代之要求。

最後希望我華岡海洋學子肩負起創建新中國海洋學術領域，發揚海國豪邁精神，開拓海洋事業的前程，為人類社會征服海洋作前驅。

海洋學術企業單位發展計劃表



海洋的利用

鄭榮桂

一、緒　　言 (Introduction)

地球表面⅔由海水所覆蓋，而在北半球，水佔了表面積的⅗，南半球却佔了 4/5，而人類居住在海洋圍繞的陸地上，與海可說息息相關，而海洋提供了廣泛的用途。海水中的植物將太陽轉變為魚蛋白，海洋是人類基本商業交通的大道，並蘊藏了豐富的溶解礦物及無限的潛能，同時也收取了人類所產生的廢物。

大洋表面的作用控制着整個大陸的天氣和氣候，風和空氣影響大洋的環流，而大洋的環流肇因於風和空氣，以及大氣的熱傳動。由於科學的發達，海底更存在著化石，燃料和沈積的礦物以及無數的海底電纜隧道以及各類管線。

海洋對人類雖然極度重要，可是至今我們對它的了解仍然很少。人類大約在一萬年以前即開始在海中捕魚，但到西元 1873 年，英國「挑戰者」號開始它的環球探測時，乃為人類對海洋有系統之探測之始，乃十年前，我們對海洋深度的了解尚不如我們對月球表面知道的多。過去廿多年來各國探測家用新式的儀器，新的方法，對海底得到了不同程度的瞭解，事實上我們可以稱目前仍為海洋探勘之極盛時代。

其中最令人驚奇的是發現海床比海洋要顯得年輕，而且不斷從大洋脊嶺向外發展，把大陸向兩邊推擠。

海底的地形大致如下：有七浬長的海溝及兩千浬長的破裂帶，有頂部平坦的山脈，有如同寧靜海面一樣平坦的海底平原，其造形之獨特與地球及月球表面全然不同。

百分之九十以上的生命所必需的有機物存在於靠近水面陽光照射得到的地區，浮游生物及一些草食性的魚類，此種有機物為生，其本身又為一些較大之肉食性魚類所捕食，其他的生物再捕食這些較大型的魚類，以此

構成了整個海中食物鏈。

陽光隨着深度的增加而減弱至 3,000 公尺而消失。3,000 公尺以下的區域是一片黑暗而神秘的世界，只有一些發光的生物帶來一點光明。

到了最近幾十年，人類才重視海洋的潛在重要性，促成目前海洋探勘與開發之重心應歸功於下列三個因素：

(1)科學家對海洋中之一切作用所作的闡示。

(2)在漁獲探礦等方面新技術不斷發明，使以前不可能的事情變爲可能。

(3)人口增加率上升及高度工業化的需要，使人類增加對海中物質的追尋。

二、開發中國家對海洋的利用 (Developing Countries anusesd of the Sea)

海洋生物學家斷言：供應全世界營養不良人類所需蛋白質最便宜而有效的方法，就是從海中獲得魚蛋白，據估計，只要增加 50％ 漁獲量就可使與美洲缺乏食物之現象改善，當然這需要克服一些困難，譬如我們再建造性能較佳的漁船，改善漁獲技術，對漁獲的保存運輸及市場的開發也需注意。

據統計太平洋佔世界漁獲量的 53％，大西洋佔 40％，而印度洋却低於 5％，顯示印度洋及與太平洋係一富有而低度開發的漁場，對於開發中國家而言，印度洋極具開發價値，開發中國家佔世界漁獲出口的 25％。所以對開發中國家而言，漁業既是營養的來源，又可增加外滙，故極爲重要。

科學家預料，在未來 35 年中，原料的需求將比過去 200年還多，未來廿年能源的消耗，將是過去一百年的三倍，而就人口的增加率而言，食物的增產在以後 20 年應維持 50％，所以如何有效而適當的開發海洋，係一極大的挑戰。

三、海洋生物資源(Living Resources of the Sea)

目前全世界的漁獲量，一半是直接消耗而另一半製成魚粉。魚油及魚粉具有高度的蛋白質，所以大部分的漁獲都用以飼養家禽、家畜，如果我們將目前的漁業加以有效的經營，以現有的生產量，可以提高四倍，同時如果再發現有新的魚種，及新的漁獲方法，那麼生產量更可大大提高。

對那些大部份人民營養不良而又急劇膨脹的開發中國家，我們不僅要注意漁獲物的分配，更要讓他們接受魚類爲食物的習慣，雖然海洋中生物資源並不能全部解決人類營養不良及糧食缺乏問題，至少它具有調節的功能，所以直到全世界的人口能夠控制，我們要對海中資源加以合理而大量的開發。

海中食物資源的蘊藏量有多大，始終無人知道，諸如太空資源衞星探測，導致新漁區的發現，往往使漁獲大量的增加，其他能使漁獲量增加的方法有下列：

(一)對已知魚種，捕獲方法的改良。

(二)對新魚種分佈的調查。

(三)國際魚業管理的合作。

(四)對新魚種的改良。

(五)水產養殖的發展。

四、水產養殖(Aquaculture)

「水產養殖」就是在一塊限制的鹹水或淡水水域中從事養殖工作，雖然這種工作已繼續幾個世紀，最近才演變成一門學問，它可以依據人的口味而作改進工作，提供更多的人有更多的魚吃，在海中的牧場裡，我們也可以用柵欄式的設備，加以範圍，利用原子能控制水溫，對魚、甲殼類及海洋植物作養殖工作。

在亞洲有一種叫milkfish，以此爲例我們可以看出水產養殖的發展，在菲律賓，每年可生產 21000 噸的 milkfish，平均每平方哩的水塘的單

位產量是 78 噸，比起在沿海水域中的每平方哩 6 — 17 噸的魚穫量差別實在太大。在台灣，苦心經營的水塘，每平方哩的milkfish 單位產量高達520噸，根據世界糧農組織計劃，另外把東亞及南亞另外140,000 平方哩適當養殖的土地，一起併入現有養殖區再加以台灣的經營方式，那麼這個地區的年產量將超過今天全世界海洋中的漁穫量。

五、漁蛋白濃縮(Fish protein Concentrate)

魚蛋白精就是將新鮮魚類中之水及油除去後濃縮，這些剩下的產品，以前都是拿來飼養家禽，經過世界各地科學家的研究，已經成功的調製成，一種無色無臭並可添加香料，適合大衆口味的產品，這種濃縮物含有高達80％ 的蛋白質，可以添加在任何人類食物中，它的費用低廉，儲存搬運也比鮮魚來得方便，目前全世界可食用的魚的年產量約有五千五百萬噸，並且可以增加四倍，如果以目前的產量，可以提煉出四千萬噸的蛋白質，如果每人每天吸收 20 公克的蛋白質，那麼供應全世界五十億人口將綽綽有餘，而每人每天所費只需一分錢。

據統計全世界有五億的人口缺乏足夠的蛋白質，這種情形對小孩特別嚴重，因為蛋白質不僅體格發育需要，心智的發育更需要蛋白質，缺乏蛋白質的小孩在心智上往往比營養充足的小孩發育的慢，即使有足夠的熱量供其消耗，蛋白質的缺乏還是妨碍了他智能的發展。

魚蛋白精對那些蛋白質長期不足地區特別重要，而不幸的是這些地區市場的分配技術又十分落後，同時又不容易接受魚蛋白精，美國政府正對一些濱海國家進行推廣魚蛋白精的工作，雖然目前在推廣上還有一些困難，但已經在一些地區施行緊急性推廣計劃，並且相信不久將來，會大量的出現在民間市場上。

六、來自海中的藥品(Drags from the Sea)

現在的藥品主要來自於陸上植物和細菌，或是實驗室的合成物。除了於少數的醫藥研究員外，海洋乃地球上最大藥品來源，可是向來乃被人忽

觀，海中各種動植物的生活提供了探討生物醫學的最好研究機會，當舊的藥品對有抗體的菌類失去效力的時候，此時海洋裡的抗生素就變得更形重要了。

海洋含有大約1500 種不同的細菌，3000 種海底菌類和500,000種不同的海洋動物。已知成千的海洋生物具有毒性，而這毒素具有高際或潛在的醫學價值。假如：章魚的唾液，含有複雜的毒素，可阻碍血液的凝結，還能控制高血壓和糾正心臟不規則跳動。有一種海棉能殺死連盤尼西林都無能爲力的葡萄狀球菌。

蛤貝將供給比任何今日已知的麻醉劑更有效的局部麻醉。若荷介的排泄物使得海洋生物能緊附於海底，另外有一種海底的東西爲牙醫用以膠結牙齒的最好塡充物。

世界上有許多地方用海草來當作飼料和肥料，海草灰色含大量的碘，同時也可用以清除人體中放射性原子塵如鍶90 等。海人草可製成腸胃藥，以治療廻蟲等疾病。

七、海中石油和天然氣(Petroleum and Gas from the Sea)

目前海域探勘石油和天然氣仍爲我們海域探勘最有經濟價值的礦物，今天我們從海底油井中所採掘的石油，約占全世界總產量16％，估計其蘊藏量至少一百億噸，或者可能超過一百五十億噸，而 20 年後，世界石油的消耗量將爲目前的三倍，所以包括martaban 灣在內，世界性的海域探勘活動正大規模的展開。

新的能源發展，對海域石油的探採也有些影響，但其乃保持着相當的成長，預計在1980 年，海域石油的生產將占總產量的33％，目前大石油公司的探採深度日益增加，深水下鑽探昂貴的成本也限制了探採的進展，但是大家還是認爲處女地區的探採和陸上比較起來，還是極具競爭性。

陸上的天然氣，已有告罄之虞，工業界已轉向海洋，據估計到1980年，全球的天然氣，約有⅓來自海洋，天然氣最大的優點爲能夠壓縮罐裝

，同時燃燒時非常清潔，現在大家正日益重視環境污染的問題，我們似乎應該大力發展天然氣。

八、海中礦物(Minerals from the Sea)

假如我們把海水中所溶解的礦物都提煉出來，然後平舖於地球表面，那麼它的厚度可達150呎，地球上三億三千萬立方哩的海水裡，滲有一億六千萬噸的物質，海水中尚有無法估計價值的金和銀，等待科學家發現較經濟的方法去提煉。

今天只有塩鎂溴及其他化合物，能夠有效而經濟的由海水中提煉出來，全美國年產量 80 %的 鎂，和全部的溴，係由海水中所生產，每年海產塩也達一千兩百萬噸，台灣本身製塩十分發達，年產精塩十萬噸。另外海水中提煉鈾的技術能力也相當成熟，但還不及陸上探採來得經濟。

另外在海床表面及岩床底下，也存着相當大的財富，砂碎石、頁岩、石灰岩、散布在大陸棚之上，一些國家濱海及缺乏這些物質的市場上，已經出現了來自海底的探採物，但還是僅限於來自探採及運送都方便的淺水地區，因爲即使這樣，比起陸上開採還是要貴兩倍以上，不過陸上人口擁擠的都市不停成長，海床的開採，還是極具價值的。

海底的一些重礦物中含有一些貴重的金屬如錫、鉛、在泰國、印尼、馬來西亞、英國的外海均藏有豐富的錫礦，日本外海的磁鐵礦、非洲西南海岸的鑽石，雖然今天海中礦物不太經濟，但誰敢說明日不是它們的天下呢？

陸上開採的礦物，情形均有日益變少，深海礦物由於本身化學電性的作用，均由原來的膠體逐漸形成柱狀的現象，如太平洋的錳核，藏量之豐每平方呎可達十磅之多，大小 0.5 — 25cm ，厚度 10 — 25cm ，褐色至土黑色，大小不一，最重者在菲島東方一次海底電纜打撈中重 85kg ，成長率推測約 0.01mm／1000yrs ，如此計算，則此錳、核至少有 1600 萬年。

錳核仍爲最有經濟價值的深海礦床，自從自動深水照相發明後，使錳核之研究向前推進，其成因以 1954 Golb Berg 提出所謂化學清掃者的濃

集作用（ Concerning chemical scavengers ）為大部分化學家所接受，目前開採的成本，視其密度及深度而不同，每噸約為美金五元。

另外在太平洋海底，還有鎂核估計每年至少有一千萬噸，這些結核中還有鎳、鐵、鈷、銅，但仍因其成本太高而未大量的開發。今天在海床下岩床中，只有煤、鎂、硫曾加以開採，但是以日益進步的開採技術，相信一些有價值的礦物像、鉀、鋁等將會大量的開採。

九、海水淡化(Desalination)

地球上97％之水在海洋中，2％之水凍結成冰，不到1％之水讓人類用之於工業及農業灌溉，從四十億年以前地球上第一次下雨起，水從大洋蒸發到大氣中，凝結再落回地面，然後回流到海洋中，不停的循環，不會增加亦不會減少，但是現在對淡化的需要量愈來愈顯着，不僅地球上60％之乾旱地區及半乾旱地區，幾乎每一地區因人口之增加，生活水準之提高，高度的工業發展而水源之需求量愈高，今天工業化國家及開發中國家同樣的發生缺水現象，尤以大都市更為顯著。

由於淡水的需求日增，故海水淡化變得十分引人注目，雖成本極為昂貴，在美國，天然淡水每一千加侖只要 35分，而淡化海水則需 85分，但是在那些水源缺乏及天然淡水不適合消耗的地方，淡化海水仍極具競爭性。

現在世界上已經建好或正在興建中的淡化工廠有700家，每一家均具有每天供水量兩萬五千加侖的能力，每年的增加率為25％ ，據估計在Kuwait ，至少有 50家工廠，而在Assension島也有 22家，在美國佛羅里達州的Keywest是美國最早從海水中取得淡化的都市，它的設備可供水兩百六十萬加侖。

淡化工廠最經濟的能源首推核子反應器，我們可以想像巨大的反應器可可以一方面加海水蒸餾，另一方面供給化學工廠生產肥料、礦石、塩等，尤以其殘留物質可以提煉出許多的化學產品，如鎂、溴、碘等。另一方面可以發電供給附近社區，這種農工綜合體，可將淡化之海水，供給農工業將乾旱的地區化為綠洲。其他太陽能、電解法，反轉滲透法，均可用以淡

化海水，同時我們也不能忽視海洋本身的動力，像風浪、潮汐，海流都能像陸地上的風和河流一樣用來推動淡化機。

十、人類在海中活動(Man in the Sea)

人類懂得潛水技術已有數世紀，但居住在水下仍是極大的挑戰，大家都一致認爲居住在水下比居住於外太空來得危險，從 1830 年第一套潛水設備發明以來，人類在水中工作的深度極限爲 300呎，當科學家發現在水中升降時，呼吸以氦及氧的混合氣時，人類可降深到 1000 呎，1943 年水肺的發明，取消了與水面相通的水管和沈重的潛水衣。

美國的飽和潛水觀念提出之後，才使得人能夠在水下停留達數月之久，過去潛水夫在返回陸地，除中解壓所需的時間和潛水時間長短有關，最近發現，在一定深度，一個人只吸收一定量的氧氣，而在此人達到深度24小時就已達到此量，所以當他一旦飽和時，他回返陸地解壓時間就維持一定，而不管他在水中停留多久。

由於此項發現，美國海洋當局在 1964 年開始了連續的「海洋實驗室實驗」，一組代號爲「aquanants」工作隊由一個潛水艙形狀的圓筒下沉到了 430和 600呎，他們在內停留了數個星期之久，其間他們演練了海底求生技術，同時研究水底人類生理和人類行爲，也作了海洋及生物方面的工作。

美國國家太空總署也把人類海底實驗所得，應用到太空旅行上，不過最重要的這些研究所得將有助於我們在大陸棚上覓食，採礦和建設等一切行動。

十一、太空海洋學(Space and the Sea)

美太空總署發射新的人造衛星，重891kg 每 103 分鐘繞地球一週，每 18 天就可飛遍全球表面，一年可完成探測 20 次，它的任務在下望陸地和海洋，對於農業、林業、可測農作物的成長情形，偵察植物病害和蟲害，判斷農地所含的水份、塩分以及其特徵，幫助農人決定最好種什麼作物

以及採用何耕作技術與控制旱澇。對於空氣和水之污染減輕，調查地震和火山爆發，可以預測不同魚類的集中，以及繈藏所在等資料均可測知。

太空科技海洋學對未來科學發展提供了一嶄新的領域，圍繞地球軌道人造衛星由於能對廣大地區的探測，及具高度的機動性，對海洋研究極為便利，人造衛星能偵測小範圍區域亦能對全球加以掃瞄，這種功用對運輸資料，天氣預測甚至氣候控制及漁業均極有助益。

我們現在海底地質圖的準確性，能和十八世紀地圖相媲美，由人造衛星攝得極為精確的照片，正應用於對海水的研究以及海圖的調製。由 Gemini， Nimbus，Tiros．Erts 及其他衛星上所攝得的照片，顯示了太空攝影對海洋研究之功用，Gemini 攝得之照片，描述了一些我們在海面所不能得知的海洋形態，這些特性包括了水文形態，海岸變遷，湧升流，洋流，海底地形及水深等對於漁業及相關事業的極重要。

海洋學者長久以來，卽深以未能獲得船舶地區準確判斷爲苦，特別於測量海底地形重力磁力等方面，自然衛星定向導航應用以來，不論天候，任何地域，學者均可獲得定向及測量海流速度，衛星照片上雲層大小及厚度，對於明瞭大洋表面作用，及其在大氣與海洋介面交互作用中，之功用極有幫助，衛星照片可供對廣大洋面各種天候下之概括估計，以幫助天氣預報，我們現在研究的情形是藉浮筒，空飄氣球及冰島上與地球衛星連絡的氣象站以獲取資料，這些資料包括了洋流的流動，天氣情況，對準確的天氣預測極有幫助。

此外衛星之紅外綫探測儀，能測知水溫的變化，水溫和洋流影響了海中動物的分佈，所以衛星對漁業及海洋生物的研究也極爲重要，將來紅外綫光譜學將用以分析魚群的不同分泌物，紅外綫攝影學也將用以研究海洋中廢物的污染與同化作用。

十二、海洋探測儀器(Tools for the Sea)

直立浮台（ FLIP ）

過去的幾十年來，海洋探測船及器材之研究有極大之進展，其中較爲顯着者爲深水潛水艇，美國海軍 TRIESTE 號 1960 年在太平洋中曾潛航

達三萬五千八百呎深，其他的潛水艇亦具備了強力的照明燈及機械臂，供在海底研究的蛙人及科學家採集標本。

今天實驗船不僅能在水面航行亦能在水底潛航，自從飛艇、氣墊船、水翼船之發明後更能飛行於水面，配上像車輛般的推進器，它更可像後退般的斜方向前進，同時不須拋錨即可在水中固定位置，ELIP是一艘最奇特之研究船，平常用船加以拖曳時，它浮在海上像一個巨大的管狀平底船，一旦到了研究處所，船尾水箱進水，使船首浮在空中，甲板向外側打開，形成數層海洋科學實驗室，看起來似一隻海上怪物，FLip-floating Instrument Platform 此種設備較為奇特，然不需設置工作船，拖引性及移動性均十分良好，可在廣濶水深範圍作業，1961 年美國Glubal Marinc 公司首先採用自動錨定法，仍在船首尾兩側裝四具螺旋槳，當船偏向一方時，螺旋槳自動起動將船槳回復原來位置，1962 年更以電子計算機控制，仍為一種完全自動的定位方式，對鑽井工程及海洋資源探測有莫大的裨益。

海域鑽探現在由浮動工作平台來完成，當工作台拖往工作地區後，灌注以足夠的壓艙水，使其沈到固定位置，由於像FLIP一樣，係浮在圓筒柱上，所以也不受波浪之影響，加上這些設備，我們可以鑽探的深度為 12,000 呎，Scripps 海洋研究所的鑽探船"Glomar Challenger"，在替美國國家科學研究會一次著名的鑽探中，在兩萬呎的水深中鑽探至海床下 3200 呎，深海鑽探計劃是國家科學基金會由採樣以研究地球起源及歷史的整個計劃之一部分，這個計劃目前就是研究由海底所採得的沈積的樣品，把海底表層的資料和過去兩億五千萬年有關大陸移動發展的歷史資料綜合起來，科學家將很容易的重新建立地殼起源，生長變動的歷史資料。

Glomar Challenger 研究船應用了許多新的科學技術，由經過兩極軌道的衛星，可以準確的定出方位，船上的鑽機能夠藉着聲納的指引，準確的在預定位置操作，推進器與電腦的結合，更使船身在鑽探場保持穩定防止撞斷的管路。

由深海鑽探所得的資料，已經證實了大陸漂移及海床擴張說，同時發現了地殼火成岩上的沈積物蘊藏了豐富的金屬礦，此外並證明了西北太平洋比大西洋要早存在。

在墨西哥灣的鑽探發現灣底遍佈塩類，有些且已形成岩丘，通常石油與天然氣與塩丘同時存在，這是海中有碳水化合物的最早證明，這個發現對深測海底的油源的地質理論與技術發展有顯著的影響。

此外，原子能協會宣布，他們已經發明一種裝置，裝設在船上或潛水艇，這種裝置能經由海底礦物所發射的伽瑪射綫而予以發現和判明之，另一種遙控的海底拖車，能夠在六千呎深海底，以每小時一浬速度供深海研究用，這種深海拖車命名爲「RUM 」，由“Remote underwater manipulator”而來，他有一個長的機械臂，加上一個方箱結合而成，人們在水面以聲納及攝影機而操縱。

十三、海洋資源的保持與維護(Conservation and preservation of the (Ocean Resources)

人類要享受海中的資源，亦應對其加以保護，今天石油污染及其他污染現象已相當嚴重，自古以來海洋即爲大地廢物收集場，過去由於海洋的廣袤，所以相對污染問題很少注意，所以水銀、垃圾、污水、殺蟲劑、放射性礦物加以淺油，一齊丟進了海洋，海洋遂成了陸地的垃圾坑。

工廠排入海中的廢水，使海岸水溫增高，也是另一種污染，許多水壩河裡的淤積物，堵塞了產卵區，對漁業的生產量也有影響。

雖然我們對淡水的漁業從業員可限制其漁獲的數目，種類及大小，但對大洋的業者，則其本身對漁穫的自律則效果極微，一些海洋動物如鯨魚、海豹、海獺，幾乎都面臨絕種的威脅，一些我們經常食用的魚類，像比目魚、鮭魚、鱈魚、鯡魚、海鱸、鯷魚，在某些地方均過度的漁穫現象。而要加以保護，我們把要在陸地對一些野生動物的保護措施，現在立刻施行到海中的話，還不算太晚，當然在對國與國之間海洋資源開發協議之達成，及稀有魚類魚穫之管制方面還有許多困難有待克服。

十四、探勘海洋的法律及政治因素(Legal and political Basis of Ocean Exploration and Exploitation)

世界上85%的海底土地不屬於任何國家，即使在幾年以前，海底所有權也僅是個學理上的問題，因爲在工程技術上不容許對海底礦物很經濟的開發，所以所有權的問題根本沒有發生，傳統的領海界限是從海岸算起三浬爲界(以前砲彈最大射程)，今天許多國家要求12浬的領海權，甚至像秘魯、智利、厄瓜多爾等國家甚至於主張200浬的領海權。

1958年的日內瓦會議，決定沿海國對大陸棚有開發及探採之主權，但問題發生於如何與一些不具大陸棚的國家如何達成對大陸棚的定義一致看法，現在一般對大陸棚的定義爲凡是遠至大海中對開發與探採最經濟的區域，這對深海鑽探來說就顯得不適合了。

美國的聯合海床委員會代表，在參加世界海洋會議時，就是依據尼克森總統1970年5月23日海洋政策聲明中的立場行事，"全世界有秩序的去開發佔地球表面70%之海洋，對每一個國家來講，都是切身相關的"，尼氏指出"現在海洋法，業已全然不能配合嶄新的科學技術，也不能符合世界各國的利益，如果不能多方面科學化的進行開發的話，任何單方面的行動，將導致國際間的衝突"。

最近美國衆議院通過一項決議作爲支持美國參加海床會議代表的立場，這項決議有關海洋法的事項有：

(1)支持沿海國12浬領海權的主張，確認在公海有航海、運輸、交通、科學研究的自由及國際海峽的航行權。

(2)確認下列國際利益：防止海洋汚染，保證開發投資的完整，對開發中國家的海洋開發之協助與開發利益的共享，糾紛的仲裁，12浬外之公海，包括特殊經濟區的開發。

(3)籌設國際機構規劃對人類共同利益的深海資源之開發尤需兼顧已開發與開發中國家的利益。

(4)保護魚類資源，合理開發使得最大產量，沿海國家保護近洋魚類，

內陸國家管理管河魚類，至於遠洋廻游魚類，則由國際間共同開發經營。

美國國務卿季辛吉於八月十一日在加拿大蒙得婁在美國律師公會年會的演說中，主題有關海洋法的問題，他告訴律師們倘若航行自由受到保證，美國準備接受去除在委內瑞拉，加拉加斯所舉行的海洋法會議建議的12浬領海限制，如果通過或飛越用作國際航路不得到保證，則 12 浬領海將使得目前可供國際海空旅運自由使用的一百多條海峽（包括直布羅陀和馬六甲、曼德海峽在內）置於海岸國家管轄權之內，則美國將不參加這種使用國際干預權力的協議，儘管反對200浬的領海範圍，但仍願與許多其他國家簽訂一種 200浬沿岸經濟區的國家協議，沿岸國家將被批準控制經濟區內漁業及礦物資源，但航行自由及其他國際社會的權利，仍應當繼續保留。

我們堅信法律管制海洋，卡拉卡斯和日內瓦的海洋會議已有相當的進展，寄望於1976 年 3 月紐約舉行的下次會期面臨着極多的思想和考慮。

(1)為了全體人類的福利應設法鼓勵海洋科學研究，但同時應確保海岸國家在其經濟區內的合法利益。

(2)應該採取步驟以保護海洋不受污染，並建立一國際管制，並堅持對於大陸棚和深海床的開發，必須共同遵守環境保護的標準。

(3)陸地國家對於海洋的通達權必須予以保證。

(4)對於爭執的方面作強制和公正的處理，必須有明確的規定。

任何一個國家不可能接受他國或國際海床組織作片面協定，一種對海洋公正有利管制仍是世界和平所必須的。片面的立法亦造成爭論的主因，人類集合在一起來共同制定預防未來的衝突和決定其命運的措施，這對於眼光和意志，以及政治家的才能都是一種考驗，它也必須成功的。

十五、結　　論

海洋是人類有史以來最豐饒，最值得開發的區域，我們對海洋科學認識愈增加，我們愈應該藉着工業技術加以開發，同時當準備對這豐富的食物與礦物加以採探時，也應注意到防護的措施，全世界各個國家的通力合作，方能使海洋對人類產生眞正的利益。

海洋是國力的源泉，海洋科學是國家戰略的一環。凡我國人，應以豪邁的海國精神，創建中華民族征服海洋的新紀元。

海洋科學的發展

曾弘志

蔣總統說：「中華民族的生存，與夫太平洋永久和平之維持一胥視吾人能否建立海權國是賴。」又說：「海洋科學人才是海軍的後備力量，美國海軍進步是有賴於軍事科學與海洋科學有著緊密的聯繫。」

美國甘迺迪總統於1961年强調：「環繞我們周圍的海洋，是人類最後疆域與最大資源；如果將這豐饒的富源，加以開發利用，不但對我國有益，同時對世界更有裨益。」

一、前　　言

面對佔地球面積百分之七十一的海洋，我們祖先嘗試各種的努力，由早期對浩瀚大海的望洋興嘆，以後捕魚與航海技術的發明；而至海洋科學的發展相配合。衆多海洋學家從事於擴展、試驗、觀測的計劃，以獲取揭開海洋奧秘的活動，配合海洋科技與原理的應用，專門目的儀器的設計，使人類對海洋突破往日僅是表層的認識。

十五世紀大航海運動，至今仍令人回味無窮。1488年葡萄牙人狄亞士（Diaz）船長首度航至好望角，十年後達加瑪海軍上將繞過好望角，而發現通往印度的捷徑。至此航海技術充份發揮在海洋上。1855年美國海軍莫雷（Maury　）上尉出版「海洋物理地理學」，爲海洋物理與航海史立下新的里程碑。同時研究海洋科學的活動，於此時有的零星而缺乏系統的探討，如富蘭克林（Benjamin Franklin）研究洋流，查理·達爾文（Darwin）研究珊瑚礁等。

二、「挑戰者號」劃時代創舉（1872—1876）

1872年12月英國皇家海軍「挑戰者號H.M.S. Challenger ）」所改裝成的海洋探測船，由朴資茅斯(Portsmouth)出航，實施爲期四年的環球航行，此爲達成皇家科學會所託付予的深海有系統探測。這艘2300噸，具帆力與蒸汽航力的探測船，由納威斯(Nares ）船長率領，以英國愛丁堡大學湯姆遜(Thomson ）爲研究指揮，有六名科學家隨行，全船共計二百四十人。

「挑戰者號」最先在北大西洋作十字形之探測航行，隨後至南大西洋，再至南冰洋東部。以後至澳洲及西太平洋島嶼附近海域調查，經夏威夷群島西部後，由麥哲倫海峽回到大西洋，於1876年 5月24日光榮完成歷史性任務。

此次航程共68,890浬，設立362個觀測站，觀測資料包括海流、水溫、水質分析與生物、底質調查。正式報告費時23年（連四年探測時間），於1895年完成，計50巨册，有29,500頁，三千條說明，由76位研究人員負責，其不朽功績包括：

(1)海洋生物：發現4,717新種海洋生物。

(2)海洋物理與化學：於海洋上由大地磁氣的測定結果，發現有磁針偏差。海中水溫變化情形的獲知。1880年發現海水所含化學成份有定比率，而得知鹽度與密度的關係，進而發明因海水質量不同而形成海流運動理論。

(3)海洋地形與地質：完成深海等深圖，並於太平洋撈獲錳核，首度發現它的存在。此航次雖無地質學家參與，但12,000個海底標本，提供給馬瑞(Murray ）與李那度（Renard）二人對海底地質首度研究。

三、先進國家對海洋的重視（1920年代）

由於挑戰者號的偉大成就，促使世界海洋先進國家紛紛派遣船隻進行探測。1888-1920美國漁業局的信天翁號（Al-batross）探測東太平洋。1899年荷蘭西賓加號(Siboga ），德國行星號(Planet ）…等研究船投入海洋探測，此些船隻的目的在於海底地形與採集標本爲主。並在一次大戰後的1920年代，展開另一次有系統探測海洋。

1925-27年德國流星號(Meteor)探測船以戰敗欲謀復興的決心，帶著「誰能控制海洋，誰就能控制世界」的壯志，進行南大西洋探測，有16卷報告問世。一改過去探測船孤立與廣散的海洋觀測，而做區域性全面探測，於25個月內橫越南大西洋十餘次之多，首度利用「音響測深法」來測量海洋深度，共計七萬次的垂直測深。並採集各種天候與季節資料。

於同時，摩納哥研究船波開巴斯號(Pourquoi Pas)研究歐洲海岸。1929-1930荷蘭史乃流斯號(Snellius)搜集東印度群島及澳洲、亞洲、地中海水域資料。賴這些國家的有系統探測，而使海洋知識擴充，其成就爲：

(1)對深海洋流的探測，得知有深部環流呈不對稱現象。

(2)由各國發表報告，一改過去「平坦海床」的觀念，海底地形崎嶇不平。

(3)音波測深儀的首度應用於德國流星號，是促使海洋科學由長期冷落中復興的主因。可一改過去費時且誤差大的鋼纜測深法，而揭開海底地形輪廓，並提供給摩納哥水路局改版海底地形之依據。

四、海洋沈積物的研究(1926年起)

1926年美國石油學會(A.P.I.)爲研究石油來源的沉積物，而提供研究基金，由德瑞斯克(Trask)主持對全球沉積岩層中石油儲存重作研討，因而導致全世界大陸棚、海洋封閉盆地和深洋盆地作廣泛研究與採集標本。1929年亨利史德遜(Henry C. Stetson)在伍德候海洋研究所(Woods Hole)作沉積物調查，接著斯克利普斯(Scripps)海洋研究所對加州南部與加州灣作研究，由席巴德(Shepard)和李維列(Revelle)負責。

第二次大戰期間，由艾墨利(DR.K.O. Emery)爲國防需要而繼續進行加州海岸之調查，同時席巴德完成戰區處沉積物分布圖的繪製。二次大戰後美國海洋沉積物的研究由伍德候海洋研究所、斯克利普斯海洋研究所、拉蒙特(Lamont)地質觀測所、華盛頓大學及德州工農學院共同探測。利用各機構本身擁有的探測船進行沉積物採樣與分析的任務。

藉探測船上底質採樣的設備，如抓泥型、岩心管型、拖泥型海底採樣

器的發明，可獲取長的岩心管，以此而進行對沉積學作用，沉積環境與成岩作用的研究，而獲得重大的海洋知識。

除美國外，瑞典的信天翁號及丹麥加拉細亞號（Galathea）探測船也加入研究探集，同時蘇俄在北極海，黑海，南極洲沿岸進行海洋沉積物研究。蘇俄維蒂亞茲（Vitiaz）與羅蒙諾夫（Lomonosov）號探測船應用本身實驗室，而從事海洋沉積物研究。展望石油公司與海洋學術機構對沉積物的重視，今後有仍加強重視的趨勢。

五、地球物理探勘的應用

海洋學的突破，任何人均不容否認地球物理探勘技術成功地應用至海洋科學。拉蒙特地質觀測所的艾溫（Ewing）博士係在海域上首度成功運用震測的先驅。

1893-1896年南森（Nansen）在北極探險時首度於海上測重力，以後荷蘭潛水艇亦嘗試進行地球物理探勘。艾溫博士則於二次大戰後以炸藥在近海進行震測，研究海底地質構造。二次大戰後地球物理探勘的頻繁活動，造成本世紀以來海洋地質學驚人成就。

海洋地質學與地球物理學的目的不謀而合，均致力於研究海洋與大陸對地球內部構造的關係。科學家藉地球物理探勘所得的豐碩資料，除明瞭海底地質外，同時得知海洋地殼與大陸地殼的性質迥異，而致力於地球層狀的構造、莫荷不連續面之探討。此些遠大目的有賴地球物理學家與海洋地質學家共同努力與合作。從而揭開地球的奧秘。

目前海洋學研究上所使用之地球物理探勘技術包括：

(1)震測反射法：由人爲方法造成音源，而接收震波反射記錄，由此分析底質構造。

(2)震測折射法：接收微弱折射波爲主。由二艘船操縱。

(3)重力測勘：利用重力異常判別，由重力儀操作。

(4)磁力測勘：利用磁力異常判別，由磁力儀操作。

(5)熱　流　法：依地熱溫度梯度特性，以熱流探針測量。

目前美國各海洋研究所，依本身研究心得而專長於某一技術，如伍德

候以熱流見長，拉蒙特專從事震測。

六、海洋學術機構與研究船

海洋學唯憑海洋學術機構之設立方得進展，而海洋學術機構更有賴海洋研究船從事探測相配合。美國海洋研究學術機構約二十幾個，均由聯邦政府支持，較卓越者如下。

(1)斯克利普斯海洋研究所（Scripps Institute of Oceanography）：屬於加州大學，創立於1925年，係全美最大。擁有地平綫（Horizon）號，華盛頓號（Washington），斯克列普斯號（Scripps）及以往號（Ago）等著名研究船。

(2)拉蒙特地質觀測所（Lamont Geological Observatory）：屬哥倫比亞大學，於1949年創立，擁有473噸的威馬號（Vema）。

(3)伍德候海洋研究所（Woods Hole Oceanographic Institution）：係創立於1930年，於麻州境內。擁有大西洋二號（Atlantis II）。

此外海軍海洋局，美國海岸航道測量局等單位亦提供海洋學之研究心得，美國國家科學基金會更有「海洋學委員會」之設立。在我國則於近年來有長足進展，目前國內有中國文化學院海洋研究所，注重資源開發與航運管理。台大海洋研究所以純學理研究見長，舉凡海洋地質研究，漁業生物，物理海洋等。成大則有海洋及水利工程研究所，以工程爲主。中華學術院更有海洋學協會的設立，該會集結國內外學術及海洋事業有專長人士，專致力於海洋科學、經濟之研討，在歷任會長關世傑、孟昭彝、朱祖佑、楊玉璠、靳叔彥及現任陳汝勳諸海洋學先進的領導下，致力於聯繫各界、建教合作、學術交流等任務。目前國內研究船則爲屬國科會所有的「九連號」，該船原名Geronimo，係民國58年海軍接管整修，由美國長期租借我國使用，船長143呎，寬33呎，重900噸。

七、深海測深儀與海底地形

海洋調查於大航海時代興盛，而至達爾文環繞世界一週後暫停。此時葡西兩國從事航海事業達四百年之久。隨後海圖的製作在1854年摩利製大西洋圖，首度繪入水路航線，但海底地形圖仍一知半解，毫無進展。

1922年利用音響反射特性來測深，爲海底地形的認識提供最大。音響測深法係在船隻行進時，讀取連續記錄。1927年德國埃姆登號（Emden）探測船利用此法於菲律賓海溝發現了10,793公尺的埃姆登深淵（Emden deeps）

1940年，美國人海斯（Hess）在太平洋發現海底山及海台，提供海底地形崎嶇的認識。以後海洋調查在二次大戰中中斷。戰後瑞典信天翁鳥號於1947-1948年首度航繞世界一周，丹麥的加拉提斯（Galatia）亦於1950-1952年航行。此時英國亦派出挑戰者八號（Challenger-Ⅷ）進行調查，終於發現了舉世聞名的挑戰者深淵（Challenger Depth），截至目前，已知此爲世界最深地殼處，位於馬里亞納海溝。

二次大戰後的科技進步，及美蘇二國的競賽，促使海洋調查更加頻繁。1949年以來蘇俄探測船曾橫渡太平及印度兩洋從事調查，而發現千島海溝等。而美國也迭有成就，目前海底地形圖雖不及月面圖精確，但比起早期探測之初已進步很多。海底地形通常包括(1)大陸邊緣區。(2)洋底盆地區。(3)中洋脊區。三大區廣散分布於三大洋。

八、國際地球物理年（1957—1958）

美國國家科學基金會成立於1950年，爲美國政府提供海洋研究的重要財源，此基金會首度提供海洋學的貢獻，在於支持1957-1958年的國際地球物理年活動。

國際地球物理年（International Geophysical Year）簡稱I.G.Y.自1957年6月1日至1959年1月1日止，此時正是幾世紀以來太陽黑子活動最大的週期。全球67國科學家共同研究地球表層的性質，以及天文、氣象，海洋的觀測。在海洋科學的研究方面，I.G.Y.提供甚大成就。

於國際地球物理年內，海洋學家重新對海底作廣泛調查。1957年，一艘英國和三艘美國研究船，開始由北而南從事大西洋之縱橫十字探測工作

。此航在重覆調查1925年德國流星號調查過的觀測站，首度完成了大西洋的海底地形圖，爲此活動重大成就之一。同時海洋探測船在太平洋實施海底照相與底質採樣時，重新對挑戰者號曾撈獲的錳核（Mu-nodules）進行評估，得知其廣泛存在，甚具開採價值，目前美日已著手進行設計開採工具，以便開發。

對南極知識的空白，一直是海洋學家的憾事，故I.G.Y.期間，動員各國共組一委員會，審愼擬訂地球物理資料的搜集，海洋學委員會所訂之主要遠程目標，在研究未來放射性元素之處理，以避免海水汚染，同時瞭解海洋與大氣的關係。爲支援I.G.Y.的南極研究龐大後勤，美國政府曾組成海軍支援部隊。此活動雖於1959.1.1 結束，但此間所引起的科學研究計劃則繼續進行。

九、國際合作黑潮探測（1962年起）

北赤道流於菲律賓群島東方，一部分轉向西北方進行而達日本，即所謂日本海流（Japanese Current），又叫黑潮（Kuroshio）。在1954年起，日本海洋學家每年觀測黑潮四次，由於獨力研究而無重大成果，故透過聯合國科學教育文化組織所推動的「海洋科學研究計劃」，於1962年對西太平洋黑潮從事「國際合作黑潮探測C.K.S.」計劃。

此項國際性合作計劃緣起於1962年東南亞各國代表於馬尼拉海事會議上提出，旋獲聯合國支持採納。計有中、美、俄、日、菲、泰、越、韓、香港（英）九國參加。1963年於東京集會，決議於每年春秋二季實施黑潮探測一次。

依據東京國際會議規定，每年三、四月及九、十月間實施各項觀測作業，利用G.E.K.海流計觀測。該項合作於1970年代的「國際海洋十年探測計劃」內仍列爲海洋調查國際合作的重點。

我國係此次國際合作黑潮探測成員國之一，由中央研究院主持。並成立「國際海洋研究會中國委員會」爲主辦單位，由海軍陽明艦擔任探測船作業，由54年開始實施。該艦880噸，船速10節，負責台灣海峽及附近之觀測。目前我國正與美國合作，於64年與華盛頓大學聯合作業，由九連號

利用最新STD 儀器觀測黑潮。

十、人類在海中計劃 (1960年代)

直接觀察是最眞實的科學行為，為此海洋學家試圖進入海洋，而有潛水器材之設計，以及潛水船的發明。賴此些器材，美國海軍的游泳動物計劃(Nekton Project)得以實現。其目的在下沉至世界最深部位。1960年由皮卡特和瓦許(Walsh)於崔斯泰一號(Trieste I)創下潛至35,800呎紀錄於馬里亞納海溝。

1962年，美海軍龐德(G.F.Bond)，林克(Link)與柯斯德(Cousteau)三人對人類在海中活動提供卓越貢獻。柯斯德完成大陸棚計劃(Conshelf Program)，龐德完成海底實驗室計劃(Sea Lab Porgram)，於百慕達外海深潛。林克的人類在海中計劃(Man-in-the-Sea)則發明SPID——種可潛水和吹脹的輕便海底房屋。如此證明人類可活躍於海底下，建立研究海洋的基地。

在維爾京群島(Virgin Islands)附近的特泰計劃(Tekitite Program)於1970年四月進行，特泰二號上有62位潛水者兼科學家及醫生、工程師，於七個月內完成17個任務。特泰二號——個海底住所係美國政府與大學和民營企業合作之一項計劃，由兩個高達18呎鋼質圓筒和一個隧道連接而成，每個圓筒直徑為12呎5吋。其執行計劃包括使用不同的捕魚機關來觀察魚類行為，同時試驗海洋儀器與通訊，航海設備。

此些潛水器材的應用最具戲劇性乃是在西班牙巴維梅爾海灣尋到遺失的氫彈，此即著名的「霹靂彈行動」。

十一、莫荷計劃 (1961—1967)

當地球科學家觀測地震波之特性後，發現地殼與地函(Mantle)二者性質之不同，莫荷計劃(Mohsle Project)主要任務在於找尋地函的標本而加以研究，但鑽孔時的沉積物岩心也提供海洋地質學的研究。

1957年春天，美國混雜科學會(AMSOC)建議由海上鑽孔到達莫荷

層。此基於大陸地殼至莫荷不連續面爲35公里，而海洋地殼僅五公里。爲達成此計劃，國家科學基金會提供經費援助外，同時動員海洋工程人員設計海上的鑽孔設備。最初數年侷限於淺海，以後有優雷卡號（Eureka）及卡斯一號（CUSS-I）等鑽井船問世，始進行於深海床的鑽探。

1961年於墨西哥海岸外的太平洋，卡斯一號穿過11,700呎水深，取得三千多萬年前的火成岩。嗣後曾於德州內陸進行。在夏威夷群島附近海上進行試鑽達35,000呎。此計劃於1967年後，美國國會以龐大的經費而予擱置。

「莫荷計劃」工程在海上進行時，須重行設計新工具，故此計劃的重大成就，在於完成「海域鑽探工程科技之革新」，至1966年初爲應此計劃而有103種新工具的發明。目前正運用至頻繁的海域鑽油活動。其科技突破有如下幾項發明：

(1)莫荷平台：工作甲板面積達一畝半之龐大結構，由潛水船載浮，可於250呎巨浪，30浬風速保持穩定。有一萬五千馬力發動機行駛。

(2)定位系統：突破以往下錨定位，而以三個聲納計算後，由電子計算機指揮六個推進器定位。

(3)提升系統：由管道與浮筒等複雜裝置組成，以聯繫鑽探船與基地之交通。

(4)沉積物岩心管鑽取設備的發明。

在深海打鑽尚有邁阿密大學於牙買加外海進行，其稱爲「LOCO計劃」，乃長岩心（Long Corer）之意。

十二、深海鑽探計劃（1968—目前）

莫荷計劃的結束，使海洋學家對代之以取的深海鑽探計劃（Deep Sea Drilling Project）付予鑽探海盆的任務。在美國國家科學基金會支助下，以斯克利普斯爲首，聯合五大海洋研究機構，共同進行JOIDES（Joint Oceanographic Institution for Deep Earth Sampling）—聯合海洋學機構於地球深部採樣。並由葛羅瑪·挑戰者號（Glomar Challenger）膺付重任。其成就爲：

(1)由地球物理、古生物化石、古地磁對比，支持大陸飄移與海底擴張說的假設之可靠性。
(2)對基盤岩石之定年，計算出三大洋擴張速率約1－4 cm／yr。
(3)最老沉積物為一億四千萬年前之侏羅紀產物。
(4)大陸邊緣有斷層滑落現象。
(5)大西洋年齡較輕，約二億年。
(6)錳核以太平洋最多，且分布不均勻。
(7)於墨西哥灣有鹽丘構造，奠定海域石油探勘基礎。
(8)西北太平洋形成於侏羅紀前，咸認為世界最老海盆。
(9)研究北大西洋沉積物內，發現蛋白質遺骸沉積。
(10)動力定位系統的革新設計，以四個電動推進器控制。
(11)檢驗定層對比工作，佐以古地磁記錄，而繪出各區地層。
(12)生物層區分的成立。
(13)對地中海歷史的明瞭。
(14)太平洋底為東新西舊，中洋脊偏東，海底由東向西移動，潛沒於西太平洋海溝（或已消失海溝）
(15)菲律賓海是否係「海洋化」的古大陸問題的探討。
(16)解釋太平洋海底沉積物係由東向西之基盤載運而來，故除表層外，不可視為現地沉積。

十三、太空海洋學（1964年起）

隨太空時代的來臨，使1964年後人類在海洋探測有突破性發展，由太空船取代以往船隻，一改在廣濶海面觀測海洋的構想。由於人造衛星位處高空，形成廣大視界。對海洋可一覽無遺；同時衛星掃瞄系統的任務新穎，可探測海洋眞面目。

1964年秋季，美國太空總署NASA，對伍德候海洋研究所提出「如何能使太空計劃，作為有利於海洋科學的應用」。這項於麻州召開的海洋會議，會後有「自太空探測海洋」的決議，至此與會一百五十餘位科學家贊成致力此項計劃付諸實施，乃於1965年正式展開－太空海洋學。

目前賴Gemini，Vimbus，Tiros，Erts 諸類衛星的成功發射，使海洋學家藉其衛星影像而了解海洋形態，這些包括觀測水文、海岸變遷，湧升流，洋流，海底地形及水深，及漁場尋求等資料。

地球資源技術衛星ERTS 成功的完成以上任務，此類衛星重 891 公斤，以每 103 分繞地球一周，每18天可飛遍地球全面，一年可完成對同一位置的海洋作二十次的探測，促使二十世紀海洋學更具色彩。

衛星在海洋科學的應用之另一貢獻，係「衛星導航系統」的發明，美國麥克魯博士(Dr.F.T.Mc Clare)因致力於衛星導航之研究，而獲得美國太空總署第一個學術研究獎。賴此種技術，解決以往船舶對位置判斷不準確之困難，而可不畏天候於任何地區進行海洋觀測。

十四、國際海洋十年探測計劃(1970—1979)

1968年 12 月 21 日聯合國大會接受美國提議，決定七十年代為國際海洋十年探測計劃(International Decade for Ocean Exploration)簡稱I.D.O.E.。實際上此項計劃在詹森總統國情咨文中已釐訂原則，以便促使此項國際合作計劃付諸實施。

依據詹森總統的國情咨文，此計劃包括：

(1)擴大使其成為由許多國家之科學家共同努力，共為海洋科學而努力。

(2)充實糧食資源方面的知識，以期有助解決糧荒。

(3)為使人類開發新礦源，及燃料能源之重新探尋。

此項計劃經由聯合國文教組織UNESCO 負責，由四十二個國家組成常設委員會。實際上早在此計劃以前，於 1968-69 年間聯合國UNESCO的亞洲海底礦產資源協會(C.C.O.P.)，曾執行遠東海域探勘，對我國東海，南海，台灣海峽均曾調查。

I.D.O.E.的合作性海洋調查一包括太平洋的黑潮探測，南海，加勒比海及鄰近地區和地中海之調查，係此計劃初期工作。同時為鼓勵開發中國家對大陸棚資源之認識，I.D.O.E.提供氣候和氣象狀況一暴風雨、波浪、冰雪、海嘯、潮汐及水溫調查，以使此計劃圓滿完成。

當國際海洋十年探測計劃構成1970年代最重要部份時，其國際合作的

成就尚有艾墨瑞（Emery ）對非洲西岸的調查，同時美國探測船配合此計劃，在世界各地大量採取海水標本而作分析，並進行海底樣本地球化學研究。

十五、國際海洋鑽探計劃

從 1968 年以來的深海鑽探計劃DSDP 已邁向第四期任務，回溯初期由美國獨力承擔此項計劃，統籌計劃進度之執行，器材設備之尋求以及提供經費來源。而產生本世紀海洋學的驚人發現與成就，由其多項偉大成就可以得知，海洋科學發展之潛力與國際合作之事半功倍。

基於海洋發展是一項全球性的學術活動與經濟行爲，爲此國際合作之傾向日趨受重視，由早期國際地球物理年的合作後，由數個國際機構合創「海洋科學研究委員會」成立以來，有印度洋國際合作探測、黑潮合作探測…等。此均透過1961年聯合國所成立之海洋局組織，負責各國海洋資料交換，並加強合作。故DSDP在英、法、瑞士、義大利、澳洲、蘇俄、巴西、德、日等諸國科學家加入後，各國政府亦注意到此計劃的意義。爲此國際海洋鑽探計劃（International Project for Ocean Drilling ）簡稱 I.P.O.D.乃應運而生。

在瞭解「深海鑽探計劃」的成就後，預期「國際海洋鑽探計劃」將動員更多地球物理與海洋地質學家，運用龐大的經費，繼續JOIDES 之未竟任務。

十六、海域石油探勘與開發（1923—目前）

由於海域石油的迅速增產，非但爲石油工業解決危機，同時提供海洋探勘更多機會。石油公司在海域之操作，須海洋學家預估鑽井位置，並提供鑽井工作地點的海象及氣象情報，故頻繁的海域石油探勘與開發活動，將促使海洋科學倍受重視與進展。

海域石油之探勘可追溯至七十幾年前（約1890年），美國加州外海於水深數公尺海域，修築一座木質棧橋，鑽鑿了第一口世界海域深井。但眞

正具目前完整規模與設備的海域石油鑽探工作，僅有二十餘年歷史，唯進步神速，由1955年全世界僅五國作海域鑽探，至1961年科技的重大突破，新式鑽井設備與鑽井船的重行設計，使海域石油的開發大量成功，筆波斯灣和英國北海便有大量油氣儲量。至1976年，世界上約一百個國家進行海域石油探勘，而四十國已有生產，預計十年內將更有收穫。

若將海域石油鑽探限制在水深300公尺之範圍內，則全部面積爲 16,000,000 km^2，約占世界沉積盆地34％。展望海洋開發與石油需求，由海洋科學提供之海上氣象、通訊、交通、海底基礎、鑽井設備、油氣開發、儲運、陸海間一切措施的研究資料，將帶動海洋科學至全面發展的境界。

十七、我國海洋科學的發展

羅盤運用始於我國，可見我國在海洋發展上有不朽貢獻，明朝永樂年（1405年）鄭和下西洋（南洋）更令我民族自豪。三保太監鄭和率62艘大船，人員27,800人，三年內訪三十餘國。明末鄭成功橫渡台灣海峽，驅逐荷蘭人，收復台灣更是海洋知識的應用。

清末民初以內憂外患，我國雖有海洋機構之設立，惜無發展，後以共匪禍國，政府遷台。台灣四面環海，魚產豐富，於台灣海峽廣大陸棚有蘊藏石油可能。太平洋暖流「黑潮」適經台灣東部沿海，發展海洋條件正屬中華民族經營海洋千載良機。

台灣光復之初，由馬廷英博士負責台灣大學海洋研究所設立。同時省「水產試驗所」成立，民44年經濟部與台大合辦「漁業生物試驗所」。48年台大設立「國際海洋研究會中國委員會」。民54年我國參加黑潮探測。同年中國文化學院成立海洋學系，以㈠倡導並鞏固海權思想。㈡精研海洋科學並培育海洋科學人才。㈢研究航運與發展港埠建設。㈣開發並培育海洋資源。爲建系目標。民57年台大成立海洋研究所，該年度科學指導委員會正式列入海洋科學項目。民58年海軍接收美國租借予我國之九連號，初期海軍負責啓封整修，現屬國科會所有。

民國57年我國參加聯合國C.C.O.P.遠東海域調查，由亨特號（R/V

Hunt　）負責之探勘作業。58年初進行台灣海峽與南海部份調查。同年中油與美國石油公司進行磋商，開始進行台灣海峽海域石油探勘。中油本身成立「海域石油探勘處」。民61年文化海洋研究所奉准成立。這些機構之設立，共爲我國海洋科學發展而努力。

十八、結論

海洋科學的發展之重要性，與人類息息相關。爲此全球科學家展開史無前例邁向海洋的研究。美國甘迺迪總統强調海洋發展的重要性後，促成七十年代海洋學的興盛。展望開發海洋的目的，除豐富的海洋礦產資源和生物資源外，交通與娛樂的發達，仍是發展海洋的主因，同時藉海洋的探勘，使人類瞭解我們所居住的「水行星」一地球，可以說人類邁入海域研究的最大收穫在於知識的獲得。與促進人類社會邁向海洋，開發海洋資源，以開創海洋時代的人類新生活！

卅年來之航業與今後之發展

政府亟應實施航業貿易造船之三聯政策

王　洸

一、

抗戰以前，我國因受不平等條約的關係，外籍輪船可在我國內河航行及沿海貿易，我國航業處於外輪侵權競爭之下，僅有商船六十萬總噸，約爲全國沿海及長江運輸所需商船之一半，其於一半則爲英、日等國商船所分享。至於遠洋航線，我國商船幾無插足之地，全爲外輪獨佔。抗戰勝利，廢除不平等條約，航權收回，航業曾一度迅速發展，在民國三十七年，已有商船一百一十六萬總噸。

二、

政府遷台，我國商船隨來者，約有三十九萬三千總噸，惟船隊殘舊，又逢國際航運低潮，經過一段漫長歲月，始歷整理擴展時期，以迄於革新。據民國六十三年的統計，我國商船共有一百三十二萬三千二百三十二噸，綜合的分析，有以下各項進步：

(1)船噸增加，計增加九十三萬總噸，而且各種商船均有，如雜貨船一一八艘，七十六萬六千總噸；客貨船兩艘，二千八百總噸；冷藏船十三艘，五萬四千總噸；油輪十三艘，三十三萬總噸；運木船二十一艘，七萬七千總噸；貨櫃船九艘，九萬一千總噸。

(2)性能改善　船齡平均減爲十一年半，時速增爲十五浬。

(3)開闢定期航線　對外貿易的發展，我國商船，提供了很大的力量，除不定期船走遍世界各港外，從民國四十八年起，我國商船陸續開闢了許多重要定期航線，如中美東岸線、中美西岸線、台日線、東南亞線

、台港線、中東線、中歐線、中南美東非線、中澳線、及加勒比海線。凡凡我商船所到之處，即國貨所到之處。以最近五年，台灣進出口貨物的統計來看，五十九年約一千七百四十二萬噸，國輪承運百分之三七・四。六十年約二千零六十四萬噸，國輪承運百分之四一・八。六十一年約二千五百三十萬噸，國輪承運百分之四一。六十二年約二千九百七十萬噸，國輪承運約百分之三三・七。六十三年約二千八百〇六萬噸，國輪承運百分之三三。

(4)減少運費的外滙支出　最近三年，我國所支付的海運運費，據統計，六十一年爲二億八千一百五十七萬五千四百六十五美元，國輪得七千六百十一萬八千七百十四美元，佔百分之二七。六十二年爲四億七千六百十八萬四千九百九十四美元，國輪得九千七百五十一萬八千八百九十五美元，佔百分之廿。六十三年爲五億八千四百七十萬三千四百八十四美元，國輪得百分之十八。雖節省了國家許多外滙，更重要的還是衡制了外輪的運費，使國貨成本降低，能在國外獲得市場。

三、

以上所述我國航業發展的過程，固多值得欣慰之處，但就世界航業現勢，和謀求進一步的發展我國經濟來看，我國航業實有以下隱憂，亟待努力克服，分述其要如次：

(1)世界商船噸位，一九七三年七月有二億八千九百九十萬總噸，而我國僅有一百四十六萬七千總噸，名列第二十五位，比新加坡還少，蓋自六十一年起，我國航商極少訂造新船，國輪噸位因此未能增加，且略有減少，我國商船噸位序列，遂由數年前之第二十二、三位，降至今日之第二十五位。

(2)我國貿易量，六十三年達二千八百萬噸，外籍輪船承運了百分之六十七，這是我船數不足的原因，根本之道，我們應大大的增加商船隊的實力。

(3)台灣進出口貨物所支付的運費，每年有百分之七十三至八十二爲外輪賺去，我們應謀求國輪承運量的增加，以節省此項外滙的漏巵。

(4)定期航線雖已開闢若干條，但所配備的船隻均不夠，如中東線最近連續發生的航運糾紛，最重要的原因，還是國輪不夠的關係。

(5)世界主要航線的定期貨輪，現在都採用貨櫃船，一九七三年全世界貨櫃船計有五百九十萬總噸，而我國的貨櫃船，僅有九萬一千總噸，微不足道，因此高級貨物，都為外國貨櫃船所攬得，我國定期航業，生意大受影響。

(6)六十三年我進口油類約九百五十萬噸，國輪裝運百分之五十九，所以仍應續造十萬噸至十三萬噸油輪數艘，以免租用外國油輪的耗費。

(7)六十三年遠洋方面進口之大宗貨物，如黃豆、大麥、小麥、玉米、肥料、硫礦、鹽、煤、廢鐵、礦砂共計四百三十八萬噸，國輪只裝了百分之廿二．九。又近洋方面，進口之大宗貨物，如原木、礦砂、煤、廢鐵、石膏共計三百四十五萬噸，國輪亦只裝了百分之卅一．一，這是因為我國散裝貨船不夠的關係，我們應該趕快多造些散裝貨船，尤其高雄煉鋼廠完成以後，第一期生產量，就需要每年進口礦砂三百萬噸，所以礦砂船的建造，亦應早日著手。

(8)六十三年，遠洋方面，進口雜貨二百一十七萬噸，國輪只運百分之七．八，近洋方面，進口雜貨三百九十萬噸，國輪亦只運百分之十二．六。又遠洋方面出口貨物二百萬噸，國輪只運百分之十一．二，近洋方面出口貨物二百五十五萬噸，國輪亦只運百分之廿四．四。國輪承運量如此之少，顯而易見的，是貨為外國貨櫃船和多用途雜貨船爭攬而去。我國輪僅得其剩餘，原因，亦是我國缺乏此項船隻，如不趕緊建造，以後國定期航業，更難經營。

四、

上述潛伏的病根，如不早日治好，則我國慘淡經營的航業，會將逐漸萎縮，當務之急，政府亟應實施航業貿易造船之三聯政策，在政策上，交通財經當局應密切配合，共同商訂出造船計劃，針對上述缺乏之船隻，從速建造。際玆世界性航業不景氣，航商經濟困難，籌措鉅資建造商船，力

有未逮，仍宜援照以前施行之航輪汰舊辦法，公布造船種類、噸位、時速及設備等要項，如航商聲請之案，經政府核准，而在國內造船廠訂造者，政府准予資金上之通融，包括長期低利貸款及銀行信用保證等辦法，以鼓勵訂造新船之興趣。

台灣造船公司，每年造船能力可達五十萬載重噸，中國造船公司高雄廠，每年造船能力更高達一百五十萬噸，油輪、散裝貨船及多用途雜貨船均能建造，貨櫃船亦能與國際合作建造。目前世界造船工業不景氣，台灣造船公司至六十五年六月以後，尚鮮新定單，中船公司高雄廠於完成兩艘四十五萬噸大油輪後，亦正謀新業務。此時此地，正是我國造船工業為中國航業服務最好的機會。至於提高國輪承運量，政府可以行政措施，規定我貿易商，進口貨儘量用船上交貨價（F O B），出口貨儘量用保險費運費在內（C－F）訂約，俾由我貿易商向我國商船託運或租船包運，（大韓民國執行此命令極為嚴格）如能照國際海運同盟管理規則，一般進出口雜貨，我國商船承運百分之四十，其他進出口大宗物資；我商船承運百分之七十，殊屬合理而公平，應為外國廠商航業所同情。如此實行承運量立即提高，外滙運費之支付亦可大量減少．與我國國際收支之平衡，當有莫大之助益，管見所擬，航業貿易造船之三聯政策似屬平實可行，行之有效，尚望政府考慮而採擇之；幸甚。

商船在公海上地位之商榷

陳純熙

一、緒　　論

人類對海洋主權之紛爭，由來已久，迄無寧日，英國在某一段時期，曾企圖向他國行使主權，强迫他國船舶在公海上向英國船隻致敬，而歐洲各國也曾經對其領土接近之海洋行使管轄權，致商船在公海上航行自由蒙受若干之限制，迨一六〇九年格老秀斯（Hugh Grotius）發表其海上自由論，極力倡導公海自由，以至十九世紀以後，航業急遽發展，於是公海自由之論調便爲航業界普遍之贊同，受到國際間之重視。

另一方面，人類却認爲公海上必須要建立一定之秩序，以免成爲無政府狀態，致人類未受其益，先受其害，種種海洋法仍紛紛創設，海洋自由更進一步加以維護，公海自由已被公認爲國際法基本原則之一，一九五八年日內瓦國際海洋會議所簽訂之公海公約第一條：「稱公海者謂不屬領海或一國內國水域之海洋所有各部份」，卽除了領海及內水之外，所有海洋之各部份皆爲公海，同法第二條規定：「公海對各國一律開放，任何國家不得有效主張公海任何部份屬其主權範圍………公海自由，對沿海國和非沿海國而言，均包括下列事項：㈠航行自由，……。」以上之法條，充份說明了㈠公海非屬於任何國家主權範圍以內；㈡公海對各國一律開放；㈢公海有航行自由等四大自由及「國際法一般原則所承認之其他自由。」換言之，公約國對不屬於領海或一國內水域之「公海」不得主張主權，且承認商船在公海上除了戰時以外有航行之絕對自由，航行自由殆無疑議。

商船在公海上可能遭遇之各種情況甚多，例如兵險、碰撞、海盜襲擊等等，不勝枚舉，上敍事故，發生在公海上，於是管轄權之問題、法律適用問題、判決執行之問題等均屬國際海洋法之範疇，牽涉甚廣，非循國際法之途徑，無從處理，可見商船海上運輸與國際海洋法之關係是何等密切，多麼重要，也卽是筆者爲本文研究之主旨。

二、商船在公海航行自由之商榷

公海航行自由為國際法公認之原則，一九五八年日內瓦公海約第二條明白規定，公海有四大自由，其中航行自由為首要，於是向來人類所主張之公海自由於法有據矣，然則該項自由之運用，係以平時為準，如戰時或軍事性質之臨時性措失，例如海軍演習或海上核子武器試驗而暫禁船舶進入海洋中某特區，與國際法之原則並不相違背。

公海自由非但沿海國家，即使非沿海國也有平等享受之權力，在公海公約第四條規定：「各國無論是否沿海國，均有權在公海上行駛懸掛本國國旗之船舶」，此原則早在一九二一年巴塞羅那（Barcalona）宣言即正式承認，現一般認為，凡位於海洋與無海岸國間之國家，應與無海岸國相互協議以達成：

(一)准許無海岸國根據交互原則自由過境；

(二)對於懸掛該國國旗船舶在出入使用海港事宜上，准其與本國船舶或任何其他船舶享受平等待遇。

公海航行自由以懸掛一國國旗之船舶為限，如懸掛兩國或兩國以上之國旗航行，視同無國籍，在公海上無航行之自由，任何國家有權干涉，有一則判例如下：

於一九四六年，Asya 從法國海港載運移民數百名，圖非法進入巴勒斯坦，在離海一百哩左右，被一英國軍艦逮捕，首先該輪沒未懸掛任何國旗，旋即懸掛土耳其國旗，旋又改懸以色列旗，船上並無國籍證明書，英艦將其押往巴勒斯坦某海港，交由當地法院判決沒收，於維持原判時，英國最高法院稱「在公海航行之自由，係指船舶懸掛或有權懸掛某國國旗而在公海航行之自由，Asay 輪既未具備此基本條件，故不能主張由任何國家予以保護，而任何國家亦不能主張該輪之被捕係違反國際法任何原則。」

無國籍船舶不享有公海航行自由既為公認法則之一，權宜船旗又將如何。船舶因在某國登記而取得該國國旗，並得懸掛該國國旗，因某國關於船舶登記要件較船舶所有人本國之法律為寬，船舶所有人為貪圖較輕之稅賦，較低之船員工資，較寬之設備標準，有利於營運，有捨棄本國而改於標準較低之國家登

記，取得該國籍，懸掛該國旗者，航業界咸稱「權宜船旗」(Flag of Con-venience) 此項辦法濫觴於第二次世界大戰時美國運輸軍需物資以支援盟國作戰，為避敵人對國之耳目，仍權宜懸掛中立國家之旗幟，然目前盛行者厥為商務之目的為主，與當初之原意已迥然有異，賴比利亞之商船總噸位居全世界第二位，要因該國施行「權宜政策」有以致之。

公海公約第五條規定：「國家與船舶之間須有眞正聯繫」，其主要精神，即將對於船舶登記加以限制，然則目前之「權宜船旗」實際上大多以商業利益為主，鮮少有眞正聯繫者，在若干國家，船舶之登記只是一種行政上之形式或程序，即使船舶從未到過或將來亦永不會到船旗國之海港者，亦准予登記，故此，公約之有關規定，無疑地已聊備一格，形同具文矣。例如甲國軍艦在公海無故干涉乙國商船，乙國向甲國交涉，主張其應負賠償責任，甲國不得謂該商船與乙國無眞正之聯繫，而否認其有乙國籍從而否認乙國對該船保護權，只要具備下例少況之一，當可認為有眞正之連繫：

㈠船舶屬於船旗國所有；

㈡船舶確係船旗國人民所有；

㈢船舶所有人確有住所於船旗國；

㈣船舶所屬之公司或法人係依照船旗國法律而成立，且其主要事務所設在船旗國之領土內。

如無法判明究竟有否眞正聯繫，亦應由國際法院或仲裁機關審判，上例不宜由甲國單獨武斷。

商船之航行區域必須受船旗國政府之管制，國輪航行國家地區及其港口需遵照「動員時期船舶管制辦法」第五條規定，不得航行至共匪所佔據之地區，違者依該法規定嚴辦，交通部並補充規定當前不得航行之若干國家地區之港口，違者將嚴予議處。

國家對於懸掛其國旗之船舶，有權管制行動，有一則判例如左：

瑞典籍 Zamora 輪於一九一六年出租於英國 Furneos Withy and Co. 營運，行駛世界各國，當該輪抵達 Cardiff 海港，船舶所有人不肯繼續航行，其所持之理由，係以瑞典緊急時期之新法律禁止瑞典船舶在瑞典境外航行，Zamora 輪之所有人在英國被起訴，但法院駁回原告之訴，承認船

旗國所頒法令有完全效力。

軍艦在公海上有權接近商船，但必須有充份之理由，以支持其行動，否則應負賠償責任。

根據公海公約第廿二條第一款規定：「……軍艦對公海上相遇之外國商船，非有適當理由，認為下列嫌疑，不得登臨該船。

(一)該船從事海盜行為，或

(二)該船從事販賣奴隸，或

(三)該船懸掛國旗或拒不舉示其國旗，而事實上與該軍艦屬同一國籍。又同條文第三款規定「 倘嫌疑查無據，被登臨之船舶並無任何行為足以啓疑，其所受之任何損失或損害應予賠償。」

現有判例一則：

一八二四年葡輪Mariana Flora 從 Bahia 開往葡京途中遇一美國軍艦 Alligator 號，艦長觀察該輪情形，以為該輪發生危難，乃駛進馳援，不料該輪竟向美艦開火，美艦亦還火，經短時間交戰，商船投降，被押往美國法院，控以海盜罪，商船官員辯稱，彼等誤認美國軍艦為海盜，最高法院判決釋放葡輪並負賠償之責任。

三、商船在公海上航行自由所受之限制

公海自由非謂各國不能規律公海之使用方法，如國際社會對公海使用方法不共同加以規律，則公海成為無政府狀態，人類非但不能作適當之利用，且海上之一切生命財產均將因此而無從獲得保障也。

商船在公海上航行自由所受之限制，導自海上自衛權，一國如發現公海上他國船舶有危害該國之行為或企圖，得採取必要之措施，以防患未然，例如一八七三年，懸美國旗之 Virginias（未在美國註册）載運軍隊及軍火前往古巴，以接濟該地反抗西班牙者，在古巴附近被西班牙軍艦截獲，押進古巴海港，經西班牙軍事法庭審判後，船上之英國人及美國人被判死刑，遂產生了國際法所謂維珍尼亞士原則，即別國在平時為自衛起見，可對他國船舶採取干涉行動，然為自衛權不被濫用，採取自衛之國家必須是緊急而無其他方法可以避免者，否則即不能構成正當之手段。

公海航行自由之限制主要有海盜取締、臨檢權、緊追權等。海盜取締依公海公約第十五條規定「海盜指下列任何行為：

(一)私有船舶或私有航空器之航員或乘客，為私人目的，對下列之人或物實施任何不法之強暴行為、扣留行為或任何掠奪行為：

(1)公海上另一船舶或航空器，或其上之人或物；

(2)不屬任何國家管轄之處所內之船舶、航空器、人或財物；

(二)明知使船舶或航空器成為海盜船舶或航空器之事實而自願參加其活動；

(三)教唆或故意便利本條第一類或第二類所稱之行為」。同法第十四條規定各國應盡量合作取締海盜行為（國際法委員會對此條之解釋：「一個國家遇有機會，對海盜採取行動而不採取行動，實違反國際法所加於彼之義務。至於一國在特定情形下，應採取何種行動，該國可有相當抉擇之權」。）第十九條規定，各國得在公海上或不屬任何國家管轄之其他處所逮捕海盜船舶或航空器或以海盜行為刼取並受海盜控制之船舶，逮捕其人員並扣押其財物。逮捕國之法院得判決應處之刑罰，並得判定船舶、航空器或財務之處置，但須尊重善意第三人之權利」。第二十一條規定「因有海盜行為而須逮捕，惟軍艦或軍用航空器，或經授予此權之他種政府事務船舶或航空器，始得為之。」

商船為正當防衛當可逮捕海盜，惟隨後應將海盜轉交軍艦或本國政府，或另國政府，逮捕如無正當理由，依公海公約第廿條規定應向船舶或航空器所屬國家負賠償責任。

緊追權謂沿海國如有正當理由，認為外國船舶違反該國法律規章，得於內水領海或鄰接區內開始追逐，如未中斷得繼續追至公海，並予逮捕。所持理由，謂外國船舶在領海內犯法，當受沿海國之管轄，沿海國如在領海內已開始追逐，自應許其繼續窮追，直至公海，否則其對於領海內之不法行為不可能有效行使管轄權。

緊追權在理論上不能適用於進入鄰接區之船舶，緊追權只能對從內水領海或鄰接區出口之船舶行使之。

臨檢權前已加以申敍，玆不另贅。

四、商船在公海上之管轄權

商船在公海上發生事故，誰有權管轄，各國所持之觀點，未趨一致，一般認爲商船在公海上多種管轄權並存，但船旗國專屬管轄爲原則：有一一則判例如次：

一九二七年法國船「蓮花」號與一土耳其船在土國領海外相撞，致土耳其船沉沒，八名土耳其人喪生，「蓮花」號駛入土耳其港口後，土國政府將該輪肇事時值班之駕駛員法國人治以過失殺人罪，法國政府提出抗議，土法兩國乃訴諸國際法庭，該法庭判決認爲土國此項法律並不違反國際法，認爲法國船「蓮花」號之碰撞行爲致土輪沉沒，並發生死亡，卽無疑發生於土國領土之上，故土國有管轄權。

該項判決值得商榷之處有二點：

(一)一般認爲船舶並非領土之一部份，英國大法官 Stowell 在一八〇四年發表之名言「英國海洋法之基本原則認爲船舶在公海上不構成國家領土之一部份」，英國海洋學家 Colomlios 認爲船舶如解釋爲領土之一部份，則它將排除沿海國平時對領海內船舶之管轄權，且違反舉世公認之戰時公海上臨檢搜索權。

(二)雙重刑事管轄，將使刑事犯蒙受雙重懲罰。

上述兩種理由，該案判決掀起各國之反對，一九四〇年拉丁美洲若干國家在Montevideo會議中通過之「國際刑法」其第八條規定「在公海上犯罪行爲不論在飛機、軍艦或商船，其審判及處罰均應依照所懸掛之國旗國之法律」，一九五二年五月十日布魯塞爾簽訂之「船舶碰撞或其他駕駛事件統一刑事管轄公約」（國際委員會解釋「其他駕駛事件」係指海底電纜及管線等有所損害而言）第一條規定「海船碰撞或駕駛事件涉及船長或船上服務之任何人員之刑事責任或懲戒責任時，其刑事訴訟或懲戒程序僅得向碰撞或駕駛事故發生時該船所懸國旗之法院或行政官署提起之。」一九五八年公海公約第十一條有類似之規定，惟增加一點，卽此等人員之本國亦有管轄權，由此可見，各國所持之觀點，已漸趨向於船旗國專屬管轄之趨勢矣，茲擧一判例如下：

一八六〇年 Regina vs Leslie 一案，智利政府與一英國商船訂定運送契約，由該船在智利領海內，裝運被智利政府所放逐之一羣人，前往英國，抵達英國海港後，被放逐之人控船長擅拘禁罪，英國法院判船長有罪，理由謂船舶在公海及英國領海，英國船應受英國之管轄，而船長之拘禁行為，依英國法律乃犯罪行為。

在一九五八年日內瓦公海公約第六條中明白規定，除了國際條約或其條款明文規定之例外情形外，商船在公海上由船旗國專屬管轄。

我國海商法第一百四十條規定，船舶不在中華民國領水港口河道內，而被害者為中華民國船舶或國民，法院於加害船舶進入中華民國領水得扣押之，又同法第一百四十一條規定「關於碰撞之訴訟，得向下列法院起訴。一、被告之住所或營業所所在地之法院；二、碰撞發生地之法院；三、被告船籍港之法院；四、船舶扣押地之法院。」民事訴訟法第十五條第二項規定「因船舶碰撞或其他海上事故，請求損害賠償而訴訟者，得由受損船舶最初到達地……之法院管理」。故因船舶碰撞，請求損害賠償而訴訟者，受損害之船舶最初到達地之法院，亦有管轄權。又刑事訴訟法第五條規定，若中華民國船舶在公海發生碰撞而有犯罪行為時，船舶船籍港或犯罪或停泊地之法院亦有管轄權，係主張多種管轄權並存，然亦兼顧船旗國專屬管轄之原則。

五、結　　論

商船在公海上平時享有充份之航行自由，此在一九五八年日內瓦公海公約中及許多海洋法中均以明白規定，然該項自由仍需加以適當之限制，例如海盜取締、臨檢權、緊追權等，以保障商船在公海上航行中生命財產之安全，商船在公海中得以安全地自由航行，應歸功於人類藉著海洋法建立之海洋秩序，吾人應予共同維護。

商船在公海中可能遭遇之情況，發生之事故，管轄權之問題、適用之法律、判決之執行等均與海洋法有密切之關係，世界上大多數國家均有海洋法之創設，以為適從，並以發展本國之航業，而我國迄無完備之海洋法規，實有待吾人加強對國際海洋法之研究，朝著創制海洋法之目標努力，

以積極發展我國之航業耳。

參考文獻：

海 洋 法　　朱子芬編著
海事法規　　甘其綬 著
海商法釋義　　王 洸 著

海難防止之研究

周和平

一、導　　論

有關海洋安全之維護及各種損害之預防中，海難之防止佔一很重要之地位。海難之發生影響海洋之安全，譬如一油輪發生了海難，它可能造成了人員之死傷，船貨之滅失，海水之污染，及海洋生物之毒殺等等。

所謂海難即不論在海洋、江河、湖川等水面上或水中之所有船舶、貨物、屬具以及各種設施對於人畜財產發生損傷、滅失或有礙安全之事態總稱之謂海難。

二、海難之分類

海難之分類法種類繁多，亦因人而異，如類別過多，則在統計研究其原因時不便之處亦多。本人僅就研究之便就海難所發生之情形大別分為下列幾大類加以研究：

(一)擱淺：包括觸礁（Stranding or Grounding upon a Rock）、擱座（Stranding or Grounding upon a Shoal）及船底與他物接觸等等。

(二)碰撞：與海商法之碰撞定義不同，其範圍較廣，包括船舶與船舶或船舶與其他設施接觸致對船舶發生的損害。

(三)火災：與陸上的火災並無差別，其原因大致為失火、自燃走電、摩擦、撞擊等等。

(四)遭難：除了上述三種外均稱之為遭難，主要包括沉没、傾覆、失踪、漂流、屬具之損害、機器故障、船體破漏及對人生貨物之損傷等等。

上述所列四種海難幾可包羅萬象所有較嚴重的海難。實際上所發生之

海難，不少以一個事件而兼有二個以上類別者，例如因主機發生故障在海上漂流而擱淺，或在港內由於舵機的故障而與他船碰撞等等不勝枚舉，但遭此情形我們均以較重之原因而研究之。

三、擱淺及其防止

所謂擱淺者，即凡船舶在航行中被擱於陸岸、淺灘、岩礁或其他水下物等處，擱置其上不能行動，且以接觸於此類障礙物以致船體損傷者謂之。觸礁、擱座、淺沙觸底等均包括在內。

㈠擱淺較多之場所與船舶

擱淺較多之場所在海峽或水道狹隘、航路在岬角之處、海岸與島嶼四週。

據統計擱淺事件中約百分之六十三為在面對外海之海岸所發生，百分之二十四為在港灣中所發生。

至於擱淺的船隻以五百噸以下佔百分八十八為最多，五百噸以上僅佔百分之十二。

㈡擱淺較多之時間與季節

據統計在0200～0400左右及2200～2400左右顯示擱淺率最大，在早上0600～1700之晝間所發生之擱淺案件較少。

人在0200～0400間為最喜歡睡眠之時間，亦即注意力及行動最遲鈍之時間。

十一月至三月之秋冬季節事故較多，概因冬天嚴寒，動作較不敏捷故也。

㈢擱淺與氣象及海況之關係

能見度不良、暴風雨等自然現象為發生擱淺之最大要素。由統計得知在有雨霧霧、雪及其他視程低劣時發生擱淺之事件的佔百分之六十，其餘百分之四十係在晴天能見度良好時所發生。

風力強勁、海流或潮流亦為擱淺之主因，因在流壓、風壓過大時，舵可能無法產生高效率之舵效。

㈣擱淺易於發生之情況

1. 夜間之黑暗難於察見時。

2. 由於雨霧、雪等發生致能見度低時。

3. 由於暴風雨天氣船舶操縱困難，在港內走錨時。

4. 海流或潮流強烈時。

5. 由於睡眠或天氣寒冷致身心活動遲鈍時。

6. 在沿海或海峽船舶交通量大時。

7. 近岸航行，目標物誤認，船位不確時。

8. 羅經的誤差未加修正，方向錯誤時。

(五)擱淺之原因

1. 由於船員在操作上的過失：擱淺案件幾可謂由於船員操作上的過失所導致。據統計在天氣良好時操作上的過失佔百分之三十五，能見度不良之惡劣天候中操作上過失佔百分之五十七，總計在操作上之過失佔百分之九十二，其他百分之八爲不可抗力者。不可抗力包括：

(i) 由於颱風或低氣壓及其他天氣之特殊變化。

(ii) 不明之水中障礙物。

(iii) 船體漏水之故意擱淺。

2. 暴風雨天氣航行中之擱淺每因風力強勁，航路被迫向風下壓流再以怒濤洶湧，操縱船舶不靈活，或以主機發生故障，以致船體漂流而遭擱淺。更有因暴風雨來臨時挾帶雨雷，能見度減低，以致船位不明航路錯誤而遭擱淺。

3. 在海峽或狹窄水道中，因交通量多時由於讓船易偏離中航道而擱淺。

4. 岸標誤認、錯估船位、誤入船位而擱淺。

(六)如何防止擱淺

除了百分之八之不可抗力外其他原因之擱淺均可設法注意並防止之。

1. 因擱淺發生之場所均爲沿海及海峽港灣內，當船在此區內時應常加測深，並定船位。

2. 在狹窄水道中，因交通頻繁，應備便主機、視安全性內減速，以免於讓船時措不及而發生擱淺。

3. 擱淺較多之船舶均爲小型船，照說小船吃水淺，不易擱淺，小船之所以常擱淺其因係由於小船設備簡陋，而且船員素質較低所致。其防止法

係增加設備及提高船員素質。

4.夜間發生擱淺較多，係因睡眠不足或船員工作過多所致，其防止法應盡量勿使過勞，及減少工作時間提高工作效率。

5.提高船員操作上之注意與技術上的訓練，使其能利用電子航儀定位。

6.加強目標物之辨認及在易擱淺區內航行時常加定位。

7.羅經誤差勤加修正，使船保持在預計航線上。

四、碰撞及其防止

本處所討論之碰撞係廣義的碰撞，即包括船舶對船舶之碰撞，多數船舶之碰撞及船與他物如碼頭、浮筒、浮山之碰撞等等。

(一)易於發生碰撞之場所

在港中最多佔百分之四十四，其次為海峽及狹窄航道佔百分之二十三，沿岸佔百分之二十二。即與交通量成正比例。

(二)易於發生碰撞之時間與季節

在 6300 ～ 0500 ，及 2000 ～ 2300 間所發生的碰撞案件最多。概因人在此段時間為最喜歡睡眠，亦即注意力及行動最遲鈍之時間。

冬天因氣候寒冷，寒氣逼人，船橋上門窗密閉，瞭望不免疏忽，心身動作亦較遲鈍，故在冬季碰撞案件較多，比其因。

(三)碰撞與氣象海況之關係

在漲落潮之初期發生之次數最多，因在潮流方向變化時船舶較難操作故也。

(四)碰撞易於發生之情況

1.海峽、港內、船舶交通量較多之場所。

2.航路狹隘處所。

3.寒冷季節與寒冷地區。

4.海流潮流湍急處所。

5.能見度不佳時。

(五)碰撞之原因

1.有關於船員航職務上的過失，如不注意瞭望、技術上的失當、判斷

錯誤之駕駛、主機或舵機之故障等等佔碰撞事件百分之四十六。

2.不遵守國際海上避免規則、港則法，及其他海事法規之職務上過失佔百分之五十二。如違反號燈規定，霧中信號，及沒有遵守安全速度。

小船之碰撞事件大多發生於天氣晴朗、風力微弱及能見度良好時，可知天氣、風力、等因素對小船之碰撞並無甚大關係，主要係其避碰等規則之不熟悉。

3.不可抗力僅佔百分之二。

(六)如何防止碰撞

1.在易於發生碰撞之場所，應備便引擎（Stand By Engine）及減速至安全速度航行，船長並應至駕駛台指揮。

2.在易於發生碰撞之時間，應督促值班人員特加注意小心駕駛。並應減短船員當班時間，我個人認爲一次當班四小時太長，易過分疲勞，而減低注意力。在夜間並應派人員幫助瞭望。

3.在能見度不良之天候下，除增派瞭望人員外，應依規定減速及鳴放霧號，並開雷達以作輔助。

註：目前在霧中航行的大部份船舶不但未放霧號，亦無減速，違反章程，容易發生碰撞，應督促遵守避碰規則。

4.駕駛員應熟背避碰規則，加以靈活運用。小船之所以會在晴天碰撞，其不懂航行規則爲其主因。

5.提高船員素質，使其能應用電子輔航儀器如雷達，及早作避碰之措施。

6.在狹窄水道及交通頻繁之處劃分航道以減少讓路而發生碰撞之機會。

7.避讓他船，應及早採取行動，並表明本航之動向。

五、火災及其防止

近代船舶操縱全藉機械、電路密佈，油管縱橫，雖停泊港埠期間，因裝卸貨物或爲生活需要，機械運轉不停，各種燃油儲存甚多，容易發生火災。

船上發生的火災究何而起，與路上的火災並無差別，其原因大致爲失

火、自燃、走電、摩擦、撞擊等等。

(一)火災較易發生的場所

機艙爲最易發生火災之場所，其次爲臥室、厨房、貨艙。

(二)易於發生火災之時間與季節

在時間上晝夜對於火災的發生並無顯著的差別，但對於季節的變化則甚大，夏季火災少，冬季多。

(三)火災與氣象海況之關係

在惡劣天候中，易使油污亂流及火燭之引發，較易發生火災。

(四)火災易於發生之情況

可燃物質、發火溫度、氧氣爲燃燒之三要素，任何地點具備此三要素者均易發生火災。

(五)火災發生之原因

火災發生之原因很多，在船上其主要如下：

1. 艙內外之煙蒂、引燃艙內之可燃物品、危險品等。
2. 艙內之自燃物品如棉花、煤炭等。
3. 油管之溢油、破裂遇火花。
4. 烟囪噴火引燃甲板建築或物品。
5. 機艙缺乏潤滑油引起燃燒。
6. 電路走火等等。
7. 其他原因。

(六)火災之防止

1. 嚴格執行防火規定。貨物裝卸中在指定吸煙場所以外，嚴禁吸煙。
2. 救火設備保持齊全隨時檢查備用。
3. 定期演習救火，嚴格訓練救火技術。
4. 注意貨物積載及定時測量貨艙溫度及濕度。
5. 注意機艙情況之正常及電路之檢查。
6. 保持機艙之清潔。
7. 裝有重油之艙，其通氣管亦須以細鐵絲網罩住，以防火屑之飛入。
8. 注意煙囪、厨房及煤煙等飛入艙內。

六、遭難及其防止

所謂遭難者卽普通所謂之海難，這裏所論之遭難除了擱淺，碰撞及火災外均稱之爲遭難。

㈠遭難較多之場所與船舶

在氣象、海況變化激急之處及船舶交通頻繁之處爲遭難較多之場所。

至於遭難船舶之類別沉沒佔百分之四十六。傾覆佔百分之十六，其他佔百分之三十八。

依船舶之類別五百噸以下佔百分之九十三。五百噸以上僅佔百分之七。

㈡遭難較多之時間與季節

其時間頻度幾乎相同，但在夜間有較多發生之傾向，而遭難之主因爲暴風雨等氣象所影響較大。至於季節以秋多爲多而春夏較少，因秋季之颱風而多季之低氣壓或季風强勁以致發生遭難案件特多。

㈢遭難與氣象海況之關係

遭難與氣象海況之關係密切，卽在惡劣天氣時所發生的次數較多，遭難事件在暴風雨天氣佔百分之六十八。

㈣易於發生遭難之情況

1. 惡劣天候時。
2. 貨載不良時。
3. 機器保養不良時。
4. 船齡太大時。

㈤遭難之原因

1. 有關船員操作及運航職上的過失，如失去避難時機，在暴風雨中操作的過失或不正當之操作。
2. 船舶欠缺眞正適航性。
3. 積載貨物不佳，復原力欠缺，或超載。
4. 惡劣天候中操船避航不佳。
5. 不可抗力如海嘯等無法避免者。

㈥遭難之防止

1.提高船員素質，以能辨別海況及氣象，在暴風雨來臨前採取必要措置，避航。若來不及避航不幸降入暴風中，務必依情況避開其中心及危險區，若風浪激烈有航行危險時，頂風緩航，以待風暴之通過。

2.小船在惡劣天候中可撒油鎮浪或利用錨錨。

3.貨載應於暴風天氣來襲前加強縛固。並應保持船舶之適航性及乾舷。

4.對於船員運航技術之加強。

5.增加船上的設備如氣象傳眞機等。

6.增加無線電報對於氣象資料之守聽。

七、結　　論

海難之防止勝於發生海難後的救助，關於各種海難發生的原因，已分別在前面討論過。海難發生的原因很多，但顯示由於人爲之因素爲最多，這些人爲的因素均可加以改善而防止海難的發生。

防止海難首要應對於直接負責航運之船員素質的提高與工作的注意，依過去海難發生之事實，海難之發生大部份係由於船員對船舶運航職務上的過失所引起者。因此，海難的防止，對於主持船舶運航之船員，非提高素質並隨時隨地注意其船舶之操作不可。

對於船員之待遇、福利及教育與技術的指導研究改善。有關船員之注意力及其健康等等。依我個人之見，船員一次當班連續四小時，此四小時係站著當班，每於下班前精疲力竭，容易發生海難應予改進，並應減少船事工作時間且盡可能的少加班，限制每日最高工作時效。

夜間最好能加派人員瞭望。增加船下的設備，以利於不良天候下定位測深，以減少海難之發生。

除了提高船員素質，操作技術，改善工作時間等之外，對於船體及主機之適航性問題，運航管理問題，海事法規問題，應一併加以考慮研究改善，海難之發生就可大爲減少。

參考資料

航運季刊 航運學會編印
海洋學院學報 海洋學院編印
航海系列 海洋學院航海學會編印
海難救助 日本 杉浦昭典著
海難救助 徐奎昭著
Nicholls Seamamship
Ship Salvage By Wheeler

現階段台灣地區造船計畫之研究

張義源

前言：

以台灣的地理環境，欲謀經濟持續的發展，必須擴展對外貿易；而欲謀擴展對外貿易，則必須建立足夠的海運力量，這是必然的邏輯。

強有力的商船隊，其本身即為一項有利的世界性企業，可以向國際海運市場進軍，是海島國家突破發展限制的有力途徑，它亦是一個國家浮動的領品，可以揚播國威和賺取外滙。

在一九七〇年代國際經濟貿易大風暴之前，世界商船已達三億總噸之譜，較之一九六五年的一億六千萬總噸，不到十年增加將近一倍，其成長之迅速實在驚人。以貨運而言，在此次國際經貿大風暴之前，國際貿易商品由商船承運者，已超過三十億噸，約為世界商品運輸的百分之七十五，所以「航運乃是國際經濟及貿易的主力」，在將來亦復如此。

反觀我國航業，以國輪承運我國商品的比率而言，卻隨我國貿易的增加而激劇降落，民國六十四年，我國對外貿易為二千八百萬噸，其由國輪承運者只有一千萬噸，不過佔百分之三六・八，不但損失巨額運費外滙，而且貿易的展拓亦受到很大的影響。同時，去（六十四）年在新嘉坡、香港等地發生多宗出口貨裝載有問題之船舶而遭致扣船事件，嚴重損及我國際商譽。由此可見，我國之航業不足以配合經濟與貿易的發展，亟待迎頭趕上。

發展航業首需建造性能優越、配合貨載需要的船舶。建造船舶又需有一套完備的計劃。據悉，目前國內一般小型航運企業，大多缺乏長期發展一計劃一之觀念，往往隨波逐流，不甚了解營運之經濟性，致計劃多不能達成預期之效益，筆者有鑒於此，乃針對目前台灣地區之航道，對我業者在編訂造船計劃之方法上作深入之研究，以求理論與實務的配合，冀有助於我航運業之發展，建立一支強有力的船隊。

一、台灣的航運

(1)台灣的航運概況

最近廿餘年來，我國在台灣地區，基於海島經濟的特性，是以發展貿易爲重要政策，因爲台灣本身資源缺乏，生產原料必須有賴進口，且爲民食又必須進口大宗的小麥、黃豆、玉米等，以適需要；工業產品又必須出口。因此海運事業，乃在整個經濟體系中，擔當重要之角色。

我國海運事業，在民國卅八年，因大陸撤退而損失慘重，只剩少數老舊的船舶，維持近海的航業，從民國四十二年起，政府展開了一連串的經濟計劃，並隨着經濟的成長與貿易的推動，同時制訂了分期造船計劃，更因進出口物質的激增，各輪船公司紛向國內外購建船舶擴充船隊，並開闢了定期航綫。

在輪船公司方面，截至民國六十四年底，國籍輪船公司擁有二百總噸以上船舶者，計有八十家，其中公營者以國營之招商局輪船公司與省營之台灣航業公司爲代表。招商局在近幾年來關於營運計劃之政弦更張，已獲致良好之效果。依據該公司之報告，六十四年度（民國六十三年七月至民國六十四年六月）之盈餘達新台幣二億五千萬元，在未來計劃中，預定建造貨櫃輪、散裝貨輪，以及多目標船多艘。台灣航業公司亦在穩定中求發展，至民營輪船公司，雖然多數擁有船噸不大，但也漸由經營近洋及不定期航線邁向遠洋與定期航線。

在船舶方面，據統計，截至民國六十四年底止，國輪在二百總噸以上者，計有一六八艘，一、三〇八、六八四總噸，二、〇四五、二七七載重噸。平均船齡爲九．三三年，平均航速達一四．一一浬。

在航線方面，除極少數國內航線外，多爲遠近洋之定期與不定期航線。台灣地區國輪開闢定期航線較遲，但亦針對地理環境與經濟供求，安排適當船期承運各類雜貨，所採船舶亦由普通雜貨船漸往貨櫃輪方向改進。在不定期航線方面，目前國輪已遍佈全球，有遠洋油輪、散裝輪、雜貨船

、木材船、冷藏船等經營，其噸位達一百六十餘萬載重噸，營運狀況尚佳。

(2)台灣航運的檢討

依據前述台灣航運的概況，經綜合分析，吾人可以發現，台灣航運業在近廿年來不但船噸增加，船舶性能改善，並且開闢了遠洋定期航線，對我貿易的發展，提供了莫大的力量，並且減少了運費的外滙支出，制衡了外輪的運價，使國貨成本降低，爭取國外市場。

我國航業發展的過程，固多欣慰之處，但就世界航業現勢，和謀求進一步的發展我國經濟來看，我國航業實有以下的隱憂，亟待努力克服，玆分述如后：

1、國輪承運量低落，國輪裝運台灣進出口貨物之比率，依據統計，民國六十四年之台灣進出口貨物計二千七百六十萬噸，由國輪裝運一千零十七萬噸，佔百分之三六・八，其餘百分之六三・二全由外輪承運。又台灣進出口貨物所支付的運費，六十四年國輪所得僅百分之二〇・一五，至百分之七九・八五則爲外輪賺去，這是我船噸不足的原因。

2、世界商船噸位（三百總噸以上者），一九七五年十月一日有三億二千一百八十萬總噸，而我國僅有一百三十三萬九千總噸，名列第廿七，比新加坡、南韓還少，蓋自六十一年起，我國航商極少訂造新船，國輪噸位未能增加，且略有減少。

3、定期航線雖已開闢若干條，但所配備的船隻均不夠，如中東航線最近連續發生航運糾紛，主要原因還是國輪不夠。

4、今日世界主要的定期航線，大都採用快速，安全的貨櫃輪，依據統計一九七五年七月一日止，全世界貨櫃輪計有六百廿二萬四千總噸，而我國之貨櫃船包括全貨櫃船及半貨櫃船，截至六十四年底僅有八萬總噸，實微不足道，因此高級雜貨，大多爲外國貨櫃船所攬得，我國定期航線大受影響。就以民國六十三年台灣地區進出口雜貨而論，在遠洋方面，進口雜貨計二百一十七萬噸，國輪只運百分之七・八，近洋方面，進口雜貨計三百九十萬噸，國輪只承運百分之一二・六。在遠洋方面，出口雜貨共計二百萬噸，國輪只承運百分之一一・二，近洋

方面，出口貨物計二百五十五萬噸，國輪亦只運百分之二四．四。國輪承運量如此之少，顯然是貨爲外國貨櫃船爭攬而去，國輪僅得其剩餘而已。如要挽回頹勢，惟有趕緊建造貨櫃船以利經營。

5、大宗物資的黃豆、小麥、玉米、礦砂、肥料等，是要以適合該類物資特性之散裝船裝運，經查台灣地區各公民營公司現擁萬噸以上可承運散裝貨之船舶計有卅七艘，八十萬一千載重噸，假定此項散裝船每艘均可全年足額營運，每年航行四航次，則其年承運量爲三百二十萬四千公噸，佔每年總進口貨量約四百九十萬公噸之六五．四％。但民國六十四年計全年總進口大宗物資約四百零八萬九千公噸，國輪只承運八十萬四千噸，只佔進口量之一九．七％，由此可見，貿易與航運的不能配合，與我國散裝船噸位之不足。況中國鋼鐵公司鍊鋼廠將來正式生產後需大量進口礦砂，亦需有我散裝船承運方屬經濟，因此散裝貨船亦應爲今日台灣省迫切需要建造的船舶。

(3)我國航業應有的努力

根據前面兩節的分析與檢討，可以發現台灣地區航業近年來仍在停滯狀態，如不早日謀求改善，勢將逐漸萎縮，無法與外輪競爭，玆將我國航業應有的努力方面，舉其犖犖大者，略陳如下：

1、國家政策方面，我國船舶噸位在最近數年來，不但沒有增加，反而有漸減的趨勢，經查我航業界近年訂造船隻較少的原因，除了營運不景氣外，最主要的是資金籌措困難，以往無論在國內或日本訂造，只需自籌款一成至二成，其餘則由船廠提供分期付款的方式支付船價，利率只有百分之六．五左右，但自中日斷交以後，在國內或日本造船必需全部付現，縱有融資亦改按日幣或美元計算，利率高達百分之十以上，航運業者自難籌此鉅款，而我金融界亦多不受理造船貸款或保證分期付款的申請，且國內貸款利息更高，融資造船之利息不勝負擔。

政府應針對此項事實，從速制訂航業政策，並依國家目前迫切需要的船舶，按船舶種類，噸位、性能等分佈造船計劃。凡航業界符合計劃之造船，在國內訂造者，應給予優惠造船貸款，並由國家銀行提供分期付款保證，或視需要實施造船補助金政策。爲達成上列造船奬

勵辦法，應設置造船基金，由政府專案撥列預算，以備運用。

又爲提高國內造船能力，應促使造船業革新造船技術，吸收國外船廠之所長，使能承造航業界需要的船舶。同時爲確保國輪基本貨源起見，應早日實施保護政策，將國貨優先交由本國船承運。以期達成「國輪國造，國貨國運，國輪國修」的目標。

2、航運業者應有的努力，爲發展我國航業，我航運業者，應配合國家政策，隨企業之發展，擬定長期計劃，汰舊換新船舶，建造國家需要與市場需求的船舶，共爲擴展我國海權貢獻力量。

二、世界船隊概況

(1)世界經濟對船舶需求的關係

過去的十年，全世界經濟飛速的擴展，依據統計，世界工業國家的總生產，由一九六四年的一萬二千五百億美元提高到一九七四年的三萬一千五百億美元，計增加了百分之一百五十一。如以全世界各國的總生產而言，則從一九六四年的二萬零八十億美元躍進到一九七四年的五萬一千億美元，計增加百分之一百四十五。十年間，世界各國的總生產幾已增加了一倍有餘。究其原因，應是全世界享受了十年的和平，世界各國均盡其全力改善民生，從而刺激經濟的發展。

在另一方面，世界人口不斷增加，一九〇〇年世界人口僅十五億，一九五〇年增至廿五億，一九七五年中已達四十億，據估計到二〇〇〇年時，世界人口將達六十二億，人口如此之增加，勢必增加衣、食、住、行、育、樂的供應，而又給未來國際經濟的活動及增長加了催化劑。

在經濟突飛猛進的情況下，船舶的需求必然是遞增的，就以石油而言，一九六四年由油輪裝運的總量共計六億五千萬噸，一九七四年增至十六億噸，計增加百分之一百四十六。又如鐵礦砂，一九六四年海運量爲一億三千萬噸，一九七四年增加到三億二千萬噸。煤斤的海運量亦由一九六四年的六千萬噸增加到一九七四年的一億一千三百萬噸。因此，只要世界經濟繼續增長，船舶的需求必然是增加的。

當然的，經濟的不景氣亦將導致船舶需求的減少，自從一九七三年底的能源危機，隨之而來的石油加價，通貨膨脹，繼之以經濟衰退，將全世界的經濟陷入一混亂的局面，近幾年我們看到舉世工業國家總生產的增長率陷於停滯狀態。在這種情況下，海洋運輸直接受到嚴重的影響，船噸需求減少，形成貨少船多的現象，運價直趨下跌，可謂慘狀空前。就以鐵礦砂言，一九七四年之海運量為三億二千萬噸，到一九七五年便降到二億八千五百萬噸。此項數字可以證明經濟的蕭條足以造成航運的不景氣。

(2)世界現有船隊狀況

由目前世界船隊噸位看來，係以油輪佔首位，其次為散裝貨輪，此乃由於世界各國對能源無饜需求所促成者。

依據倫敦H．P，Drewry(shipping Consultants)Ltd. 之統計，截至一九七六年一月卅一日止，現有油輪與訂造中油輪在一萬載重噸以上者，共計四、一一九艘，三九二、六五一、〇〇〇載重噸，又該公司之統計資料顯示，預計一九七七年之油輪供應量約為三億七千八百萬載重噸，但根據對航業調查統計素負盛名的倫敦Eggar Forrester Group 之分支機構Terminal Operations 之預測，在一九七七年油輪營運量僅為二億零七百萬載重噸，故在當年將會發生一億七千一百萬載重噸之剩餘。至目前因受能源危機，石油加價，蘇伊士運河開放等因素的沖擊，許多造船訂單已陸續被取銷或改訂造其他類型船舶，其中尤以中巨型與超巨型油輪(一五〇、〇〇〇載重噸以上者)為最多。據報導，自一九七四年起至一九七六年初已有二〇八艘，合計四千六百七十萬噸之油輪取銷訂造合約。亦有實施減速慢行或提早解體老齡油輪之措施者。又依據Shipping &Shipbuilding Daily一九七六年二月十九日報載，截至一九七六年一月卅一日止，未營運之油輪已達五三七艘，計四千九百七十萬載重噸。

散裝船方面，依據H.P. Drewry (Shipping Consultants)Ltd. 之統計，截至一九七六年一月卅一日止，世界現有與訂造中之散裝船(油輪除外)，在一萬載重噸以上者，共計一億八千五百九十九萬載重噸，有四千四百六十艘。目前由於世界經濟不景氣的影響，貨源難覓，同時，因油運市場的前途坎坷，致有兩用船之搶入市場，且原先造油輪之訂單改造

散裝船之數量日漸增多，增加了散裝船市場的競爭者，在貨少船多的情況下，運費直趨下跌，如今散裝船東仍面臨虧損之局面。但依據 Terminal Operations 之預測，到一九七八年運價將抬頭，一九八〇年時，巨型散裝船可能成爲一種極有希望的投資。

在乾貨船方面（散裝船除外），現在雖受經濟萎縮的影響，運價下跌，貨源缺乏，但尚未發生船舶過剩之問題，尚能維持穩定狀態，依據Terminal Operations 之估測，在一九七八年起經濟復甦之後必有好的展望。又現今一般航行定期線之船舶，是以貨櫃船爲主，據統計，截至一九七六年一月底止，世界現有與訂造中之貨櫃船，載櫃量在四百個TEU以上者，共五〇七艘，計載櫃量達五十四萬三千九百七十二個TEU。

(3)造船市場

一、概況：航運市場的景氣與否直接影響到造船市場的興衰，航運市場運費上揚時，船東造船之興趣提高，於是刺激造船業走上興盛，一旦船噸增加，供過於求的時候，運費則漸趨下跌，於是形成造船業的萎縮，甚至將舊有船舶拆解以期減少噸位。

依據勞氏驗船協會之統計，截至一九七五年底，計造中的船舶概況如下表：

訂造中各類型船舶統計表

1975年12月31日　　單位：艘、噸

船型	艘數	載重噸
乾貨船	1,200	10,091,707
貨櫃船	237	4,376,722
油　輪（150,000DWT以上）	261	72,474,233
油　輪（150,000DWT以下）	670	35,847,602
礦砂／原油與礦砂／散裝貨船	69	8,382,770
其他散裝船	766	31,474,876
客船或渡船	110	642,305
其　　他	291	1,090,436
合　　計	3,604	164,380,651

資料來源：Lloyd's Register of Shipping

又依據統計，在一九七五年間新訂造之船舶大多屬於乾貨輪，其中尤以具有定期快速與散裝兩者特徵之所謂「LIBER」（係 Liner 與 Bulker 之併合字）者爲最多，至於油輪或原油、散裝、礦砂混合船（OBO）與原油、礦砂兩用船（%）以及大型散裝船等並未見訂造，顯示油輪市場之不振以及大型散裝船營運之不合算。

自一九七三年石油危機發生後，造船廠間之競爭日趨激烈
船廠頻於停頓的局面，於是有多數國家實施保護主義或予以補助扶持，如韓國、法國、西德、荷蘭等是。據報導，倘若造船廠未受國家之援助，迄今日本造船廠之實力最爲雄厚，競爭力最强。

二、造船廠融資政策：當船東訂造新船時，對於船廠可提供的貸款條件是極爲注意的。在歐洲造船國家而言，大多有百分之七十之七年分期付款爲條件，貸款年息在百分之八左右。但在韓國、希臘、巴西、西班牙等國則有更佳之條件提供分期付款，故這些國所獲訂單日益增多。

三、船價：自一九七三年起世界船價暴漲之後，於一九七四年底已有軟化的預兆，至一九七五年初船價已開始趨降，一般而言，過去造船價格之漲落均由日本船廠作帶頭作用，但在一九七五年內韓國船廠報出比日本船廠更有利的訂造條件與更低的船價，於是韓國已在新造船市場中漸露頭角。依據統計，一九七五年上半年船價較一九七四年跌落約在百分之十五至二十五之譜，其中以新船規範無法變更的標準船之船價跌幅最大。

三、航業投資的特性

一、投資額大：航運企業投資係指購造船舶而言，航運業者投資購造船舶必需投入巨額資金，且大多需以現金交易，資金投入之後，不像一般工商企業可以隨時脫手更換，因此航運企業沈入成本（Sunk Costs）較大。

二、報酬率低：由於航運投資資金大，船舶壽年長，效益緩，其投資報酬率較一般工商業爲低，因此欲以營業收入達到投資額的年限較長。

三、資本薄弱：世界各國對於航業的投資，大多係自發資金（Eguitv

Capital)，低於借入資金(Borrowed Capital)甚多，是因爲經營航業之競爭激烈，風險性較大，及船價高折舊費用大，投資報酬率低，大衆對於航業之投資不感興趣所致。我國航業資本更爲薄弱，故利息支出高，從而競爭力亦弱。

4、航業投資的邊際效率：航運業者投資建造船舶，其主要目的乃是爲獲取投資利潤。一般而言，投資利潤的大小，取決於兩個因素，其一爲投資所能獲得之利益，其二爲投資所需之成本。而決定投資成本者，則爲利率，一般稱此利率爲取得資金成本(Cost of Capital)，所謂資金成本是一個百分率，係使用投資基金所需支付之報酬對投資基金之比率。因投資者使用之投資資金來源可能有二，一爲由借貸而來之外部資金，使用他人之資金必須支付報酬，決定此報酬之高低者即爲借(貸)款利率。次一來源則爲內部資金，使用自有資金雖不須支付報酬，但若此資金不自行使用，而貸出與他人使用，亦能獲取報酬，故自行使用資金即發生機會成本(Opportunity Costs)，決定此機會成本之高低者乃爲貸出利率。而借入利率與貸出利率又與市場利率有關。一般而言，如其他因素不變而市場利率甚高則投資數量少，反之，若市場利率甚低則投資數量必大。

至於航業投資所能獲得之利益，則爲投資購造新船後預計未來所能產生的營運收益減去其他成本費用所得之剩餘，此項利益之高低，則決定於此剩餘額佔投資額之比率，亦即預期利潤率，以經濟學之術語稱之即爲投資的邊際效率(Marginal Efficiency of Investment)。所謂投資的邊際效率，即是能使投資的未來預期淨收益還原爲投資財供給價格(船價)的一項折扣率。若船價不變，預期淨收益大，則投資邊際效率愈高，反之，預期淨收益愈小，則投資邊際效率愈低。船舶之投資邊際效率可以下式表示之：

$$Co=\sum_{i=1}^{n} R_i\,(1+r)^{i}$$

Co：船價

R　：預期淨收益(一年)

i　：船齡中之一年

n＝船舶壽年

r：投資邊際效率

四、造船計劃

(1)造船計劃之意義

蔣總統在「科學的道理續篇」中，對計劃之作為曾訓示：「所謂計劃作為程序，是說任何一項工作事前都得先有計劃，亦即謀定而後動的意思，這一計劃的製訂，必須先有：政策的訂立一也就是政策的決定。計劃的策定一就是依據政策來策定實施的計劃。執行的步驟一亦就是依據計劃的策定，規定其分部進行的順序和節目。所以每一計劃無論其為長程、中程、近程，皆須注意其政策計劃與執行的各階段程序，以及重視其持續性、完整性、準確性和彈性。而計劃在策定之時，其程序應分為：㈠搜集資料分析客觀清況。㈡根據實際情況的分析想定問題。㈢將想定的問題予以深入研究。㈣尋求問題的解答並付諸實施」。

前述訓詞已將計劃的意義以及計劃製訂的程序講得很清楚。至所謂「造船計劃」，係指以投資建造新船為目的的計劃，而本文所指之造船計劃，係以航運業者之造船計劃而言。

(2)造船決策相關之因素

在航運企業投資決策分析中，往往因考慮因素的不足，而導致整個造船計劃之不切實際，必須屢次更改計劃，甚至計劃不能實施，假如主持者能完全瞭解該投資造船決策有關之因素，予以考慮，並週詳計劃，則此造船計劃已成功了一半。當然，偶發事件是難免的，吾人在編訂計劃時，應針對相關因素作深入的分析，作為造船決策之依據，並提高造船計劃之可行性。造船決策相關因素，除本文第一至第三章所述國內與世界航業概況，以及航業投資的特性外，尚有以下諸項重要因素，玆分述如后：

一、營運預測：投資建造船舶必須符合經濟原則，用以實現將來的利益，

利益之來源有賴於營運之妥善計劃，古人曰：「凡事豫則立，不豫則廢」，故應針對目前國內外航業概況，作成年度之營運計劃，以衡量投資計劃之獲益能力，此項營業預測，以航線、貨運量、運費之預算最爲重要。

二、現金流量預算：現金流量之預算即爲營運收支之估計，乃着重於某一造船計劃在某期間有關之營運收入量，營運支出量，及其結餘數。營運收入之預算即爲營運收入之估計，按運價與貨運噸數估計。

營運支出預算即爲營運成本估計，其估計項目有(1)船員薪伙，(2)船員工作補助費、福利費，(3)船舶修理費，(4)船舶保險費，(5)船用物料，潤滑油料、淡水，(6)折舊，(7)業務及管理費，(8)燃料費，(9)港埠費，(10)裝卸費，(11)理貨費，(12)稅捐，(13)佣金、代理費、等項。

三、財務結構：一般航業造船資金來源有二，一爲內部資金，包括船舶出售價款，所提折舊準備、累積盈餘、政府造船補助金，以及股東投資等項。一爲外部資金，包括增資發行之優先股，公司債之發行、金融機構之借入款、造船延期付款之船價及由有關事業機構借入款等項。

四、資金來源運用計劃：近年來會計職能已大大的擴展，深入經營管理的領域，在整體的財務預算計劃中，不再是只有一些定期的報表（資產負債表、損益表、盈虧撥補表），應包括利益計劃、資金來源、運用計劃及投資計劃。

五、船舶經濟性：航業經營上最主要的條件爲船舶噸位之保有，若船舶保有量大，則承運能力強，收益力自然就大，但一般船舶之收益力常隨船舶之速度、船型，構造而決定，因此投資建造船舶之前，應針對船舶用途、航線、投資額、造船技術而考慮預造船舶之經濟性，以期增高船舶收益能力。

六、運價與收益能力：一般航業之經營者，對於造船決策係以航運市場運價之高低爲主要依據，如運價行情看漲，船東將對造船感興趣，因爲運價實關係着船舶的收益能力。

關於運價對船舶收益能力之測試，以數學模式說明如下：

假設船舶收益能力是以折現淨現金收益對船舶投資的溢值表示之，即：

$$NPV=\sum_{i=1}^{n} R_i (1+r)^{-i} - Co \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

NPV：表淨現值溢額

R　：表預期淨收益（一年）

i　：表船齡中之一年

n　：表船舶壽年

r　：表折現率

Co：表船價

由(1)式可簡化為：

$$NPV=R\left[\frac{1-(1+r)^{-n}}{r}\right]-Co \cdots\cdots\cdots(2)$$

設：Ry 為一年之營運收入

　　Cy 為一年之營運成本

則：$R = Ry - Cy \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$

又設：P　為預期運價（每噸）

　　Q　為一年貨運噸數

則：$Ry = P \times Q \cdots\cdots\cdots\cdots(4)$

將(3)、(4)代入(2)式

$$NPV=\left[(P\times Q)-Cy\right]\cdot\frac{1-(1+r)^{-n}}{r}-Co \cdots(5)$$

如需求出運費率P等於內生運價率Ps即

$P = Ps$

令 $NPV = 0$

則 (5)式可改變為

$$Ps=\frac{1}{Q}\left[\frac{Co}{\frac{1-(1+r)^{-n}}{r}}+Cy\right]$$

由上述求得之Ps 值，即為某船舶在特定情況下的內生運價率，即所謂的影價值（Shadow Price）。對於任一高於Ps 值的運價費率，造船將有利，反之，如運價費低於Ps ，則投資之收回年限將較長，較為不利。

七、競爭因素：企業經營者必須知己知彼，才能百戰百勝，隨時注意同業

之有關投資與經營之計劃，了解自己本身在同業間之地位與經營能力，視經濟長期的趨勢，配合公司的長期目標，擬定可行的投資計劃，有計劃的擴充船隊，汰舊換新船舶，以增加本身的競爭力量，始不爲環境所陶汰，進而能走在同業的前頭。

八、國家政策：航運事業是現代國家社會互通有無，貨暢其流的重要命脈，因而許多國家都制訂有一套航業政策經由扶助、獎勵等方式，藉以推展航業的發展，譬如傳統的海運國家，美國、英國、日本、挪威、西德，新興的海運國家，賴比瑞亞、新嘉坡、菲律賓、韓國等，亦多在造船等方面予航業界種種的優惠，促使其海洋事業日久不衰。

我國交通部爲順應國際航運趨勢，配合國家經濟發展需要，促使我國航業政策早日確定，於民國六十五年三月間已擬妥「貿易、航業及造船配合實施方案」，奉行政院核准原則，並洽有關機關逐步實施，我航運業者，在計劃造船時，應配合國家政策，以建造適合國家需要的船舶，同時，可以享受到優待。

九、造船地之選擇：各船廠對於承造船舶之條件多有不同，以船東而言，當然以最有利之條件爲選擇對象，但尙要考慮其技術與製造能力。

十、不確定因素：編訂造船計劃時，許多涉及未來之估計數字，諸如營運收入，營運成本，市場利率等，與實際數字難免有所差異，決策者對於未來不確定之事項，必須隨時注意分析，並將分析結果納入計劃，使造船計劃之可行性加強，直到計劃實施完成爲止。

(3)造船計劃之編訂

造船計劃的第一步即先確認並考慮與造船決策相關的諸因素，即如前節所述，然後根據上列因素搜集有關資料，綜合編訂造船計劃，該計劃應包括下列各項計劃：

(一)船舶汰舊換新計劃。

(二)建造船舶主要規格計劃。

(三)建造船舶營運計劃。（如航線、貨源計劃）

(四)建造船舶營運收支計劃。

(五)建造船舶資金籌措計劃。

(4)造船計劃之執行與考核

當一造船計劃核准之後，應擬定執行之步驟，一般造船計劃之執行步驟如下：

一按計劃船型，委交船舶設計單位進行船舶設計工作。

二將設計船型送船級協會及政府主管單位審核。

三籌措資金。

四決定建造船廠。

五簽訂造船合約。

造船計劃開始實施一段時期後，應隨時以實際發生之情形考核計劃之受益性是否能夠實現，此種計劃進行期中之考核工作係為事後查核，考核之主要工作乃試求計劃預測與實際結果之差異原因。以修正原計劃，使計劃之目標能實現預期之結果。因此，考核工作應依照每一細部計劃，逐項設立完整之考核檔案，並隨時進行追踪考核（Follow Up & Evaluation）之工作，且定期提出實施工作績效報告。

五、造船計劃之執行與考核

在擬定造船計劃時，由於變化的因素較多，諸如運價、運量等，比較難於測度和控制，同時決策過程包含有未來情況，計劃之能否實現，以及是否合乎經濟原則，則要加以評價，玆將重要之評價方法簡介如右：

一、典型還本期間法：本法乃以計算某一造船計劃其投資額於將來收回所需之期間長短，並將此算出之還本期間與既定可接受的期間比較，以評估該造船計劃之價值，其計算公式如下：

$$P = \frac{Co}{R}$$

P：為還本期間

Co：為船價

R：為預期淨收益

二、調整後還本期間法：前項典型還本期間法是計及資金成本，爲解決此缺點，調整後還本期間法乃將利率因素加入考慮，其公式爲：

$$\frac{Co}{R}=\frac{(1+i)^{n}-1}{i(1+i)^{n}}$$

Co：爲船價

R：爲預期淨收益

i：爲利率

r：爲還本期間

三、淨現値法：前述兩項還本期間法均未慮及各期現金流量之貨幣價値，本法乃針對此一缺點謀求解決，本法公式如下：

$$NPV=\sum_{i=1}^{n}R_i(1+r)^{-i}-Co$$

NPV：爲淨現値

i　：爲船齡中之一年

n　：爲船舶壽年

R　：爲預期淨收益

r　：爲既定利本比

Co　：爲船價

四、內生報酬率法：本法有如淨現値法之計算，均考慮貨幣之時間價値，不過淨現値法在計算過程中，須先決定最低利本比，然後求淨現値額爲正或負以定取捨，本法稍有不同，先是不知利本比，而假定淨現値額爲零，以求出利本比，而此利本比即爲內生報酬率，本法之公式如下：

$$Co=\sum_{i=1}^{n}R_i(1+r)^{-i}$$

r　：爲內生報酬率

Co：爲船價

R ：為預期淨收益

i ：為船齡中之一年

n ：為船舶壽年

本法求得之內生報酬率，如較既定利本比高則有利，如低於既定利本比則不利。

五、獲利性指數法：本法係以淨收益之年金現值總和除以初次投資額（船價）之比值表示之，其計算公式為：

$$PI = \frac{R \times An7r}{Co}$$

PI ：為獲利性指數

R ：為預期淨收益

An7r：為年金現值因子

Co ：為船價

n ：為船舶壽年

r ：為既定利本比

一般造船計劃在既定利本比條件下，其獲利性指數應大於一，如此各該計劃方屬可行。如該指數小於一時，則顯示其計劃之獲利性較差，不便接受。如求得指數為一，表示該計劃之收支兩平（Break Even）。

六、檢討與建議

(1)造船計劃在台灣

目前台灣地區航運企業，對於管理實務諸如企業計劃與決策、船舶調配、人事管理、成本分析等，能達到水準者尚不多，尤以大多為一輪公司，企業結構脆弱，管理方式落後，茲就筆者所見，將現階段台灣地區航運企業造船計劃業務實施情形分述如右：

一、應付式之投資計劃：多數小型航運企業所編造船計劃，專作為應付上級機關之查詢或作為金融機構提請貸款之用。其目的乃在於應付了事或借得資金，不是不著邊際，就是過於誇張獲利性，對於造船計劃之實現性毫不關心，其所編計劃資料之眞實性或準確性頗令人懷疑，更

談不上計劃之執行與控制。

二、基本資料之欠缺：許多公司之會計制度有欠健全，其會計功能只能止於記帳，對於經營管理之協助無能為力，例如經營管理需要之基本資料如成本習性、經濟趨勢、營運預測、市場分析、成本分析等平時很難找到，其他部門亦是如此。一旦須要編訂計劃時，則只好東併西湊，不能成為一套完整可信的造船計劃。

三、少有長期計劃：在台灣地區，目前除較具規模的航業公司外，編有長期計劃者實寥寥無幾。造船計劃即是長期計劃之實行步驟，長期計劃是造船計劃之指針，沒有長期計劃所訂之造船計劃，往往造指盲目的投資。

(2)台灣地區造船計劃業務之展望與建議

近年來我國航業造船停滯的原因很多，主要的是未能訂立航運政策，致造船貸款、造船付款條件、貨源等均無法得到有關方面的支持，足見我國航業、貿易、造船之不能配合。自從民國六十四年下半年，台灣地區出口貨載連續發生船務糾紛後，航運業受到政府當局的重視，迄今業已陸續草擬有關發展航業之政策，並加強管理航運業，公佈國家造船計劃，此等因素將促使航運業者配合政府政策。推行各項造船計劃，加速我國航業的發展。茲將筆者對台灣地區航運業造船計劃之建議分述於右：

一、審慎編訂造船計劃：造船計劃之相關因素甚多，在編訂時應有週詳之考慮，搜集有關資料，綜合分析，審慎編訂之。

二、加強造船計劃之控制：在造船計劃中所列之時間、數量、成本及獲利性等數字，均為預測之數字，當造船計劃進行時，除了應派專人負責控制計劃之進行外，應將實績數字與原預計數字作差異比較並隨時報告，必需時亦應提出原估計數之修正，以利計劃之控制。

三、經濟資源之高效益運用：在經濟原則下，應講求如何以有限之經濟資源作最有效、最有利之運用，切忌無謂之浪費或犧牲。造船計劃即是經濟資源之調配運用，其調配是否適妥，端賴該計劃之價值如何。一般言之，高效益之投資造船計劃始值得去採行，低效益者，除非有其他特殊原因，應儘量避免採行。

四、投資意見之交流：造船計劃之成功，有賴於企業內部與同業間投資意見之交流，開誠佈公，集思廣益，以檢討並交換任何有關造船方面各項問題。目前台灣地區航運業之造船，常造成許多人力、物力之浪費，我航運業者應力求改善。

五、推行管理情報制度：航運市場變幻莫測，成本複雜，如情報分析錯誤或不實之情報，均可導致整個計劃之流產。為謀解決，應設立管理情報制度，處理資料之搜集、分析與傳遞。

六、配合國家政策：政府最近全力推動發展航業政策，我航運業者，應配合國家政策，實施長期計劃，積極改善企業結構，建立國家需要的船舶，發揮整體力量，共同為建立一支優秀的船隊而努力。

(3)結　語

航運管理是一種科學，亦是一種藝術，其運用之妙，實存乎一心，難以悉定準繩。尤以每一公司組織型態不一，且有一些無法控制因素，諸如天時、地利、人和等之影響，決策者惟有週詳之考慮，使計劃風險性減至最低。深信本論文所提造船計劃之編訂、執行、考核等方法之研究，能予我航運業者作較佳決策之參考。並為發展我國造船、航業、貿易，擴展我國海權貢獻一份力量。

論散裝貨船之建造

袁智清

一、前　　言

地球面積百分之七十是海洋，全人類所需求之大宗貨物如穀類、礦砂等之運送，除利用船舶航行於海上以達成運輸之目的外，尚無其他方法以代替之。且海上運輸爲最經濟之方法；由於散裝貨船運費低廉，大宗貨物之承運可降低其成本，以符合民生之所需及維護公衆利益。在過去二十五年中，世界上經由散裝船舶運輸之散裝貨貿易有極大之擴張，世界各國對能源及鋼鐵之需求已促使散裝貨之噸數大增；並需要更多之運載能量，來承運更多之物資。

依據勞氏協會之統計，截至一九七五年七月一日止，全世界散裝貨兼原油運輸船之總噸位爲23,716,000噸，佔世界船舶總噸位342,162,000噸之6.93％；散裝船及礦砂船之總噸位爲61,832,000噸，佔世界船舶總噸位之18.0％，即可用以裝載大宗散裝貨物之船舶運載量（油輪除外）合計佔24.93％，約四分之一，其比例應重視。雖然由於近年來能源危機之影響，使世界經濟萎縮，航運事業首當其衝，影響甚鉅。但全人類賴以維生之穀類如米、玉米、大麥、小麥、黃豆等及日常生活所需之鋼鐵製品却不可或缺。此種大宗穀類及煉鋼所需之原料如鐵礦砂、煤炭、礬土等仍須依賴海上運輸，尤其現在世界經濟已逐漸復甦中，這些民生必需品之貿易量將會大增，誠如英國P＆O航業公司董事Derek Hall所說：「我認爲世界貿易較預測情形有更大的彈性，且事實上散裝船經營均獲利甚多，預期仍有繼續成長之趨勢。」即如台灣地區四面環海，對外貿易端靠海運爲主，且每年皆需進口大宗之穀類。像今年我國貿局就已同美國簽署五年合約，在今後五年中向美國九大穀物出口商購買價值十五億美元的小麥、大麥、玉米及黃豆，總重爲一千零二十萬公噸。再者中國鋼鐵公司已成立，並將開始一貫作業生產各種鋼鐵製品，屆時需要進口之礦砂與煉鋼

必需之煤炭、每年總在六百萬噸以上，故須足夠之運載量予以承運始能配合工業之發展及起飛。

散裝貨船除於建造後應注意其經營與管理方面之營運外，即在計劃建造散裝貨船時即應注意須符合各種規章及經濟效益。本文僅對散裝穀類船舶及散裝礦砂船之一般裝載原則加以研討，俾於散裝貨船建造後，能具備一定之海值，安全航行於海上，在營運時能靈活機動調度，適應各種貿易情況，以免發生損害賠償之糾紛，增加船公司之營運效率。

二、散裝穀類之船舶

一九六〇年國際海上人命安全公約中有關穀類之運載規定（以下簡稱爲國際規章）述及所謂穀類一詞包括小麥（Wheat）玉蜀黍（玉米）（Maige or Corn）、燕麥（Oats）裸麥（Rye）、大麥（Barley）米（Rice）、豆類（Pulses）及種子（Seeds）並對於在五百總噸以上之船舶航行於國際航線運載散裝穀類者均應依照國際規章處理。若不受上述限制之船舶則由各國視本身之特有情況由該國自行訂定實施之。

一、散裝貨物運載之潛在危險

船舶運載散裝貨物之潛在危險，概可分爲三大類：

㈠各載貨艙區之重量配載不當，及甲板或艙底受載負荷過度集中所致使船體結構受損。

㈡穩定度（GM值）過大致使船體搖擺劇烈，將使船體受損及貨物移動而減低穩定度。或因穀物裝載受潮後無法形成流體貨物時，發生貨物表面橫向之移動。

㈢自然發熱現象。如穀類有吸收潮氣之性質，尤以春季裝載時，最易吸收潮氣而發熱，最終導致發芽或腐敗。

二、穩定度之限定：

㈠散裝穀類之裝載應依穀類之特性適當分佈重量使船舶裝載後在出航前以及航程中具有適當之穩度，並預防出航後貨物之移動導致穩度

之減少。由船舶之積載原理吾人可知若GM值過大則復正力矩過大而船身搖擺劇烈成「剛性」船艙內之貨物易於移動而使船身傾側，船體承受之應力增加。反之GM值過小，則復正力矩小而成「柔性」。如遇惡劣之海象狀況，則易遭傾覆。故裝載穀類應有適當之GM值。

㈡散裝穀類之流動性較一般貨物為大，而穀物之積載因數（S.F.）頗為接近，故於下列艙區內裝載散裝穀類時，須有適當之限制。

(1)主甲板以上之艙區。

(2)兩層甲板船甲板間之艙區內。

(3)多層甲板船之最上層甲板間之艙區內。

㈢對非裝滿之艙區雖可以適當之方法制止穀類之移動，但其移動性較大，故對該等艙區之裝載數量要有適當之限制，以確保船身之穩定性。

㈣定傾高之限值：國際規章中規定船舶定傾高不低於某限值，但為配合某特定之情況時得以例外。該限值為在任何情況下船身之定傾高（將自由液面之影響予以校正後）在全航程中：

(1)單層或多層甲板船舶不得低於 12吋（或0.31 公尺）

(2)多層甲板船舶不得低於 14吋（或0.36 公尺）

但美國規章則較為嚴格，其規定單層或雙層甲板船不得小於該船模寬之1.75％ ，且不得小於 14吋。其對船舶之穩定度要求較高。而於裝載亞麻仁時因數量較大，重量較輕，有關之規定不得依此限值予以例外。故裝載散裝穀類之船舶若欲達到上述定傾高限值，其雙重底艙應以液體壓載，除其艙長中點處之寬度未逾該船模寬之60％ 外，必須設有適當之縱向水密隔艙板。

三、防止散裝穀物移動之措施及設備：

散裝穀類較袋裝穀類之裝載量約增加一成，而且可節省包裝費及加快裝卸速率。但由於穀物之流動性質，於裝載後將會產生自由穀面，減低船舶之穩定度，故須預防散裝穀物之移動，其裝置以緊密為原則，並應有適當之設備以求穀物能暢通輸流並充滿於艙區內各空間及艙內之空隙以制止

空隙之餘留而產生自由穀面。並應有適當之預防設施以防止裝載後穀類之下沉，致自由穀面之再產生。（或限制其自由穀面至最小而不妨害穩定度）並防止穀物於航程中之移動以免影響船身之穩定度。其防動之裝置措施如下：

㈠隔艙板（Shifting Board）：亦稱為防動板或止貨板，為臨時性木質之縱向隔板，包括必要之固定裝置，將艙內之穀物分隔，制止穀物因船身之搖擺而有所移動，此一裝置本身應具有足夠之強度及穀密性能。隔艙板之裝設則視裝載方式及情況之不同而異。

㈡添穀艙（Feeder）：亦稱為灌斗或灌槽。主要之灌斗通常係安裝於滿裝載貨艙區之大艙口處，分別通引至其所灌注之艙區內使穀物能通暢輸流。穀物應滿裝至灌斗處，用以壓載其中艙區內之穀物並備穀物受船身之顛動而下沈時，填充所產生之空隙，以防止艙區內產生大量之自由穀面。因此灌斗必須有足夠之容積以達到此目的。故灌斗容積與其下受載艙區之總容積之比，於某特定之裝載情況下有一定之限值，並不得小於此數值。若主要灌斗灌輸之縱向距離過長，為顧及穀物未能完全達及艙區內兩端之空間起見應增設舷側灌斗（Wing Feeder）以輔助之。

㈢調整艙口：於滿裝之貨艙或艙間為使穀類能夠有適當之輸流使之充滿於艙區內之任一空間起見，必要時應於兩舷側開設調整艙口，其縱向之距離及與前後橫艙壁間之距離均有一定之規定，其增設之數量則以滿足此一距離要求為準。

㈣袋裝穀類常裝於散裝穀類之艙中，用以穩固散裝穀類而制止其移動。袋裝穀類之裝載概分為三種方式：

(1)將袋裝穀類以適當之高度，堆放於散裝穀類之表面，使穀類得以適當之壓載而制止穀面之移動。

(2)將袋裝穀類以適當之厚度，平整地堆積於左右兩舷側，用以代替隔艙板；或堆積成牆以代替灌斗之結構；或堆積成牆以代替艙壁或隔艙板，以縮減艙區之容積而達到滿裝情況為目的。

(3)當艙區過於廣大為避免遠離灌斗之空間及艙內靠近甲板角落不易為穀類所填實而造成空隙使穀類移動起見，此類空間則堆填以袋

裝穀類以防止此一缺點。

適當之其他袋裝或桶裝貨物亦可以代替上述之袋裝穀類而具有同等之功用。袋裝穀類所使用之袋具需有足夠之強度並封裝嚴密以避免所裝之穀類散失。同時袋裝穀類之堆積亦需保持穀密以防止散裝穀類之溢流。上述之防動設施均爲相兼使用以完成可靠之防動功效。

四、裝載方式及標準：

㈠散裝穀類規定之標準，依艙區裝載方式之不同而異，其裝載方式可概分爲下列數種：

(1)滿裝情況：

1. 滿裝穀類之艙區，應使穀類平整均勻滿佈於艙內橫樑，兩舷側及艏艉兩端內之一切空間內。
2. 滿裝穀類之艙區內應於船體中心線位置（或距中心線未超出該船模寬百分之五以內位置）裝設一縱艙壁或隔艙板予以分隔之。若未在中心線（或其附近）位置裝設時，應於左右兩舷側對稱部位各裝設縱艙壁或隔艙板一列，其間距離不得超過該船模寬之百分之六十。
3. 若採用兩列艙壁或隔艙板時，該艙艙頂甲板兩舷於艙壁或隔艙板與船舷間應開設若干大小適度之調整艙口，其中心距離不得超過 25 呎（或 7.62 公尺），其兩端者距離前或後方橫艙壁之距離不得超出 12 呎（或 3.66 公尺）。
4. 上述艙壁或隔艙板應自甲板下方底面向下延伸至少三分之一之艙區深度或 8 呎（或 2.44 公尺）處，（以較大者爲準），甲板間或船艛內艙間之艙壁或隔艙板應自甲板至甲板間裝設。
5. 若一船舶其定傾高達前述之限值時，於下列之情況及部位處，上述縱艙壁或隔艙板則無須裝置：

㈠灌斗 7 呎（或 2.13 公尺）以下及其以內，但僅在一艙口以下之處。設該灌斗所裝載之穀量或所有灌斗相同灌輸一艙區所裝之穀量不少於被該等灌斗所灌輸艙區所裝載穀量之百分之五時。

(乙)若一灌斗之大小、在全航程中，當穀類下沈其所載穀量容積之百分之二時，同時穀面傾斜與水平成十二度角時，仍能使穀面保持在此灌斗內者。於此種情況下其自由穀面對於定傾高限值之影響應予考慮在內。

(丙)艙口以下空間之散裝穀類調整為一碟形，自艙口以外緊靠甲板頂部至碟形中心，其深度量至甲板線不少於 6 呎（或 1.83 公尺），該碟形上覆以袋裝穀類或其他適當之袋裝貨物，使裝滿艙口及艙口之下碟形處，並應緊靠甲板頂部，縱艙壁、艙口樑及艙口兩側及兩端之緣材堆積之。

(2)非滿裝情況：

1 若艙區內僅部份裝載散裝穀類時，其裝載應同時符合下列兩項規定：

(甲)縱艙壁或隔艙板安裝之位置與滿裝情況相同，惟其安裝方式係自艙底或甲板向上延伸，其高度至少應高出穀面 2 呎（或 0.61 公尺）。若一船舶其定傾高符合前述之限值時，除裝載亞麻仁外，其艙口下方部位可無需裝設縱艙壁或隔艙板。

(乙)穀類應予攤平，其上覆以緊密堆置之袋裝穀類或其他適合之袋裝貨物，其堆積高度為：

(A)其下裝有縱艙壁或隔艙板者，至少應為 4 呎（或 1.22 公尺）

(B)其下未裝有縱艙壁或隔艙板者，至少應為 5 呎（或 1.52 公尺）。

2 船舶除其定傾高符合前文所述之限值外，兩間以上之艙區部份裝載散裝穀類。但部份散裝散裝穀物之上裝有袋裝穀類或其他適當之貨物而緊密堆積至艙頂甲板時得不視為部份裝載艙區。其應注意：

(甲)設於此艙區以上之甲板間艙間不得視為同一艙區，並應與其下貨艙隔離。

(乙)灌斗及甲板之裝載面積未逾 1000 平方呎（或 93 平方公尺）之裝載空間不得視為部份裝載艙區。

(丙)貨艙或艙間內設有一個或數個縱向穀密隔板時應仍視爲同一艙區。

(3)共同裝載情況：下貨艙及其上甲板間艙間在完全滿載之情況下，得視爲同一艙區受載，稱爲共同裝載，其措施如下：

1. 在二層甲板船中，縱艙壁或隔艙板應設於甲板間部位，延伸於甲板至甲板間之高度，於其他船舶中，縱艙壁或隔艙板應裝置於共同艙間之最上部，並自甲板間向下延伸至共同艙間全深之三分之一處。

2. 爲使穀類獲致一適當之輸流計，應在緊接最上層甲板下方之次一層甲板之兩舷側處，開設調整洞口，該等洞口應視必要開設在大艙口之前後兩端處，而使其最大縱向灌注距離不超過8呎（或2.44 公尺）爲限。惟此等洞口之規格大小無明文之規定。然在英國規章中對此等洞口之大小則有每個洞口不得小於4平方呎之規定。且美國規章規定此等洞口應儘量開設於艙口與艙角之對角線上；若艙口圍緣上下兩方所包括之容積爲其下共同裝載艙區容量之2.5％　，此艙口圍緣得視爲灌斗。

(4)甲板間及船艛內艙區之散裝穀類：除符合下列之情況外，散裝穀類不得裝載於主甲板以上之艙間內，或二層甲板船之甲板間或多層甲板船最上層甲板間之艙間內；惟此種裝載法在美國規章中特別注重穩度必須達到一定之標準。

1. 散裝穀類及其他貨物之裝載方法確能使船舶之定傾高合於前述之限值或主甲板以上或最上層甲板間內（如二層甲板船之甲板間）所載之散裝穀類或其他貨物之總重量未逾此等艙間以下艙區所裝載貨物總重量之百分之二十八時（主甲板以上艙間或最上層甲板間內裝載燕麥、大麥或棉花子例外）。但不論以何種方式衡量，其船舶於全航程中之穩定度，必須達到該船船長認爲足夠安全之程度。

2. 裝有散裝穀類及僅部份裝載時，其甲板裝載面積未逾1000 平方呎（或 93平方公尺）者。

3. 艙內設有橫艙壁其距離未逾 100呎（或 30.50 公尺）者：如逾

此距離時得以袋裝穀物或其他適當之貨物完全滿裝於超過此距離以外之空間內亦可。

(二)縱艙壁或隔艙板之豁免：

除另有規定外在滿裝或未滿裝之艙區內如遇有下列情況得免予裝設縱艙壁或隔艙板：

(1)在下貨艙（包括單層甲板船貨艙之下部）內散裝穀類未滿該貨艙容積之三分之一者，或為大軸道所分隔之貨艙中散裝穀物未滿該艙容積之二分之一者。

(2)於甲板間或船艛內之任何空間內，如其兩舷側各堆裝有緊密堆置之袋裝穀類或其他適當之貨物時，其每舷堆置之厚度超出該船型寬百分之二十者。

(3)艙區內甲板頂端最大寬度未逾該船模寬之二分之一之空間內。

(三)艙端空間之調整：

從一艙區內任何一部位至最近灌斗之縱向距離如逾 25 呎（或 7.62 公尺）時，則在此距離以外之艙端空間內之散裝穀類應使之空出並擠予距甲板 6 呎（或 1.83 公尺）以下之距離處，並於此空出之空間內滿裝以袋裝穀類，此等袋裝穀類表面之間應隔以適當之墊艙物。

(四)灌斗之裝設：

(1)完全滿裝散裝穀類之任何艙區應安裝適當之灌斗，惟於下列情況時得免予裝設：

1. 艙口下方散裝穀類穀面經碟形處理者之艙區。
2. 共同裝載艙區。
3. 特別適合於裝載散裝穀類之船舶。
4. 下列之深艙若其艙內散裝穀類滿裝至其艙口，而艙口密封穩固時：

㈠原即為載運液體而設計建造之深艙，其艙之最大寬度未逾該船型寬之三分之一者。

㈡深艙內裝有一個或數個永久穀密鋼質縱艙壁者。

(2)各灌斗至少應可容納其所灌輸之艙區容積百分之二之穀類。然在美國規章中規定灌斗之容積則不得小於其所灌輸艙區容積之 2.5%

，但亦不得大於 8 %；且規定灌斗未開設於露天甲板上而開設在甲板間內者，其規格大小應依下述之方式處理：

1. 當其艙內自由穀面傾斜與水平成十二度角時，其穀面仍能保持於灌斗之內。
2. 對自由穀面應有適當之處理而制止穀面之自由移動及穀類自灌斗內溢出。

又若符合下列條件則可以袋裝穀類堆積形成艙壁以代替木質者：

1. 袋裝穀類應封裝緊密，堆積時應交錯排列，以求適當之強度及穀密性。
2. 袋裝穀類堆積時應盡可能靠及船之兩舷，艙壁或其他適當之結構上。若無法達到此項要求時袋裝穀類應堆積成梯形（灌斗相反方向成斜坡形）其平均厚度不得少於十一呎。
3. 箱裝、桶裝或其他適當貨物堆積成牆而具有足夠之支持力量者可代替上述之袋裝穀類。惟於此等貨物與穀類之間應敷以足夠強度之防水性墊布以維穀密。

而英國規章中則規定對於裝滿散裝穀類而免予裝設灌斗時，其艙內所設一個或數個永久穀密鋼質縱艙壁間之距離不得超出該船模寬之二分之一。且對於免裝縱艙壁或隔艙板時，其內自由穀面致船舶定傾高之修正係按下列公式計算：

$$\text{定傾高修正值（吋）} = \frac{1.8 \times L \times B^3}{\triangle \times S.F.}$$

L：船長（呎）。B：船寬（呎）。△：排水量（噸）

S.F.：積載因數（立方呎／噸）。

然於國際規章及美國規章則無此修正值。

五、穀類專用船：

散裝穀類可裝載於置有兩個或兩個以上垂直或傾斜之穀密隔艙板之專用船上，並依下列情形適當配載，以限制穀類受到任何橫移影響。

(一)應儘可能使各貨艙及艙區裝滿及調整裝滿之。

(二)在貨艙或艙區中，無論何種特定裝載計劃，船舶之傾側在任何航行

階段中，不致超過五度之角度。且於已經調整裝滿之貨艙或艙區內，穀物面沈降原穀物面體積 2 %及穀物滑動與原平面成十二度角度，或經適當壓載後，其穀類表面滑動與原平面成八度者。

三、散裝礦砂之船舶

一、世界各工業國家如日本、英國等必須輸入礦砂原料，以發展輕重工業。而礦砂原料運送之種類大部份為鐵礦、銅礦、錳礦、鉻礦、鎳礦、磷礦、礬土、鉛礦、及微粉硫化礦等。這些礦物皆由散裝方式且構造特殊之礦砂船（ Ore Carrier ）或一般貨輪運送為主。此外以散裝方式運送者為大宗之煤炭、塩和糖等。

由於礦砂之比重特大，約在 3 至 7 之間，積載因素（ S.F. ）在 12 至 20 之間，且礦砂運輸量大，無季節性之變化，又受裝貨港與卸貨港之限制，故其建造特殊，結構堅固，裝卸貨容易，其一般之特徵如下：

(1)吾人已知礦砂之比重特大，裝載於船舶中將使重心降低，造成GM值增大，於惡劣天候下，船舶搖擺劇烈，且會減低船速，故礦砂船之構造有高厚堅牢之雙重底艙（ Double Bottom ）及側翼艙（ Side Tank ）使重心提高，減低過大之GM值，以確保航行安全。

(2)礦砂船之經營無法避免單程之放空航行，故其設計必須有良好之壓載艙（ Ballast Tank ），使船舶於惡劣天候下推進器不致打空，舵效仍保持靈活，以維持航向。如雙重底艙及側翼艙等皆可做為壓載之用。

(3)為了便於裝卸貨起見，礦砂船之艙口平坦廣濶，艙蓋不可遙控自動啓閉，迅速省時又安全。

(4)在裝貨港口均用機械設備裝船，如膠帶輸送機，履帶輸送機，聯斗昇降機，鏈送機等，而於卸貨港則使用抓斗卸貨，故船上可不必另設置裝卸貨設備，並可減少船員之配備及住艙，因而減低造船成本與材料，且可增加相當之裝貨量。

(5)礦砂船之主機馬力可以較小，由於節省機器之重量及燃料之儲存，又可增加裝載重，減低船價，可以較低成本營運。

(6)以礦砂船之全部容量而言，因有容積最大的壓水艙關係，故於運載礦砂時，可以加載上述壓水艙之乾舷吃水，故載重噸一萬噸約可增加六百噸之裝載量。

二、礦砂之貨狀：

礦砂船所裝載之礦砂可分為下列四種貨狀即原礦散裝（Ores in Bulk），原礦袋裝（Ores in Bags），選礦散裝（Concentrates in Bulk），選礦袋裝（Concentrates in Bags）。所謂選礦者係利用選礦機所精選之含礦率高的礦砂。其單位重量比原礦重。此等礦砂依其性質可分為結晶狀及非結晶狀。硬度亦有所不同。其形態有塊形、粉狀、細粉狀、土狀及泥狀等。

三、散裝礦砂裝載方式：

由於礦砂比重較大，裝載後易使船舶重心下降，造成GM值過大而搖擺劇烈故通常有兩種裝載方法較為妥善。

(1)金字塔堆裝法：乃將礦砂在下大艙堆成金字塔形，在二層艙者為全量之四分之一至五分之一，儘量向兩翼及隔壁的方向勻調裝載之。

(2)山形堆裝法：乃緊沿兩貨艙之間的共同艙壁來堆裝礦砂，如此形成如一山形，使共同艙壁所受之壓力互相抵消。在二層艙者向兩翼送近以全量之四分之一至五分之一勻調裝載之。

四、散裝礦砂船裝載通則：

(一)首先要決定欲裝載貨物之數量，此欲裝載之數量受：

(1)卸貨港水深之限制。

(2)裝貨港水深之限制。

(3)裝卸貨地區季節吃水之限制。

在(1)之情形（設裝貨港水深無限制），則根據卸貨港水深決定船抵港時之水尺，並自水尺表（Draft Table）中，（船上備有此表）查出該水尺之載重量（Dead Weight）此一載重量減去船抵卸貨港時剩餘油水之重量，即為所要裝載貨物之重量。

在(2)之情形如裝貨港水深受限制，則僅根據裝貨港水深查出該水尺之載重量，減去剩餘油水，即爲裝貨之數量。前兩項均指受水深之限制，裝載未超過規定之吃水。

(3)之情形爲在水深容許下依季節吃水（Load Line of Seasons）裝至最大之吃水，如夏季吃水（S.D.）或冬季吃水（W.D.）。

(二)決定裝貨重量後即可決定如何將之分配於各艙區；此須考慮兩項因素：

(1)預計吃水，因全部航程增減油水數量而影響吃水（Trim），須在裝載完成前調整妥當，以期於到達卸貨港時能夠縱平浮（Evenkeel）此可以表格及數據計算之。

(2)由於礦砂比重大，於裝載後船體受貨重而局部承受應力。故船體之縱向水平應力（Longitudinal Stress）受此影響而產生舯拱及舯垂現象，故必使此兩系數相差越小越好，且不能超過100，此兩種系數可以船上所備表格計數之。

(三)於(一)(二)兩項計算完畢後即可開始裝貨，爲顧及船體之安全，免受應力之損害、裝貨最好各艙平均進行，使船體各部受力均勻。但爲便利除去壓艙（De-Ballasting）起見，裝載過程中宜保持艉俯較爲安全。在裝載最後兩艙時，應先觀測前後吃水以便及時調整。

(四)有些含水量較多之礦砂如微粉硫化礦等，於裝船後水份逐漸分離形成泥狀物而移動，使船體傾斜甚至翻覆，此應設置堅固之隔艙板以減少危險。又如鐵礦砂散裝時爲避免其橫移，可將一部份裝袋，然後壓在散裝礦物上。

(五)若礦砂上須裝載其他貨物，應將礦砂勻平，並須用墊艙板、草蓆等覆蓋予以隔絕，避免其他貨物吸收濕氣及沾灰而發生貨損。

(六)礦砂中之雜夾物質爲精鍊時之障礙，故對於下列不純物質不可相混以免發生損害賠償。

(1)不可於錳礦中混入微量之鉻礦。

(2)不可於鉻礦中混入穀物、木屑等異物。

(3)不可於任何礦砂混入鐵屑。

(4)油類及酸類不得作爲礦砂之上載或下載貨物。

(5)不可於礬土中混雜砂石、含油物質或酸性物質。

(七)礦砂在運送中常發生減量之情形，如在裝卸之際變成微粉飛散或經由駁船裝運時，往往因泄耗而發生減量。故在礦砂運輸條款中通常有「貨重不詳，如有減重，概不負責」（"Weight unknown, Not responsible for loss of Weight"）檢量則有利用自動秤量機或吃水檢查兩種，但普通裝運礦砂因減量而引起之糾紛並不多

五、散裝礦砂注意事項：

散裝礦砂於運載時一般應注意之事項如下：

(1)裝載各種礦砂前，船艙必須清掃乾淨，並以海水或淡水冲洗之。且須按照礦砂之性質，使用適當之墊艙物，以隔離艙壁，防止船體之腐蝕。

(2)必須注意礦砂之化學性質，如不可受到海水或淡水浸漬，以免發生化學反應而變質。

(3)運務人員須瞭解各種礦物之積載因素，並應以何種堆積方式運載始最爲恰當。並須注意各種礦物之穩載角（Angle of Repose）及是否需使用隔艙防動板。

(4)須防止礦粉侵入各種孔隙如排水孔，通風筒等。

(5)不同種類之礦物混裝，應防止互相污染以免遭致貨損及相互間是否有反應作用產生。

(6)礦砂裝載於艙內後，須注意其溫度之變化並記錄之。

(7)礦砂裝載後，應採取最恰當之通風法，以免發生危險並減少貨損。

四、散裝貨船之建造

一、散裝噸位之不足，亟須加强建造散裝貨船

散裝貨物如穀類、礦砂等之裝載，是要以適合該類貨物特性的散裝船

裝運。據查台灣地區各公民營公司現擁有萬噸以上可承運散裝貨之船舶計有三十七艘，共801,000載重噸，假如此等散裝船每艘均可全年足額營運，每年航行四航次，則其年承運量爲3,204,000 公噸，佔每年總進口貨物量約 4,900,000 公噸之 65.4%。但以民國六十四年計全年總進口大宗物資約4,089,000 公噸，國輪只承運804,000 公噸，僅佔進口量之19.7% ，由此可見散裝貨運載量之不足，散裝貨船之建造乃成爲當今迫切需要之課題。

二、建造散裝貨船時，噸位及航途之考慮

散裝貨船之噸位近年來有趨向於大型化之傾向。依據預測此種大型散裝貨船於一九八〇年將成爲一項極有希望的投資。然而如礦砂船等受卸貨港、裝貨港、季節性吃水以及通過運河等的限制，即於建造時就須考慮其噸位大小。吾人以爲在台灣地區如基隆、高雄兩港而言，以通行兩萬噸至八萬噸之散裝貨輪最爲適合。

至於散裝貨船之航行速率，較早建造適合於裝載散裝貨之船舶其航速皆不快，平均約在十五節左右，以今日之造船技術及觀點，似嫌太慢。然而增加航速即加多燃料之消耗，直接增加營運成本，又須考慮其收益之經濟性。一般所謂之經濟航速即爲因航速加大，所致收益增加與成本增加之兩平點（ Break Even Point ）。然吾人以爲散裝貨船之航速以平均約十八節左右爲最恰當。

三、自動化及穩定度之考慮

新式之散裝貨船應配備現代化精確之導航系統及遙控裝置。如羅遠（Loran），亞美加系統（W Navigation System），液壓控制裝置，甚且如衛星導航系統（ Satellite Navigation System）自動氣象儀等，並利用遙控裝置啓閉艙蓋，控制通風循環系統等以增加航行安全與速率。又船舶建造後須符合所規定且必須之穩定度。如穀類專用船之傾側在任何航行階段不致超過五度，及對其定傾高之限制。又如散裝礦砂船爲高穩度船，須有較大的復正力，且其船殼須負荷比重大的礦砂所給予的應力。

四、散裝貨船之建造須與碼頭岸肩之裝卸設備配合

散裝貨船之一大特徵為其本身無起卸貨物之設備，端賴碼頭上之裝卸機械，如真空吸穀機，履帶輸送機及抓斗等。故須設立專業性之散裝貨碼頭以利散裝船之靠泊，減少散裝船停港時間，增加其迴航速度，及增進港埠效率，減低船舶營運成本。

五、結　　語

我國台灣地區每年須進口大宗的散裝貨物，此等貨物皆為民生必需品。而散裝貨船之運價低廉，為維護公衆利益，散裝貨船有其存在與發展的價值。今綜合以上所述，作成下列之建議以為結語。

一、航業保護政策之釐定

航業乃一自由競爭之事業，其所冒風險極大，投資頗鉅，故各海運先進國家如美、英、日、挪威等國，於其航業皆訂定保護與獎勵政策，故吾人亦應訂定長期性之造船計劃，並配合造船貸款，造船獎勵政策之實施，以壯大海洋運輸之力量。

二、發展混合散裝船隊

世界上之先進海運國家已着重於混合散裝船之建造與發展。混合散裝船如礦砂／原油兼用船（O／O）及原油／散裝貨／礦砂兼用船亦稱「渦博船」（O／B／O），此等船舶可應航運市場的變動，隨時由散裝貨及原油或礦砂相互交換裝運，在航程安排上機動調整船期以擴大盈利。

三、國輪承運原則

大宗散裝貨物的進口應以保留國輪承運為原則，以確保國輪市場。吾人可實行國際通用之五十對五十承運習慣並按F.O.B.之條件採購，出口

亦儘可能按C＆F條件出售並優先交由國輪承運。

四、造船專業人才的培養

造船工業乃是總體性工業，除須與輕重工業，電子工業等配合外，對於船舶之設計及監造等亟須加强人才之培養。以往國內造船業皆須賴國外之人才及技術，近年來由於海洋教育的發展，造船技術方面人才亦已增多，並能作藍圖之設計。今後應加强選派優秀人員到海洋先進國家學習，並使學成歸國，使我國船舶設計及建造更加進步，造船業更加欣欣蓬勃。

五、航業、貿易、造船之相互配合

造船事業應與航業及貿易相互配合，以求相輔相成。因船舶供需噸位之多寡影響航業運費之高低，而貿易額之增減又影響船舶噸位之供求。故航業貿易與造船三者一環其相互間應有長期性之發展計劃，如最近之「貿易、航業及造船配合實施方案」實爲最明確且重要的決策。

油輪之營運作業與海洋環境之保護

盧峯海

一、研究動機

船舶之燃料由煤轉而利用石油，今日工業經濟之發展，亦大都以石油爲其動力。隨著國際貿易日漸增加，海上運輸愈趨發達，油輪運輸更是一日千里。巨型油輪、超巨型油輪不斷地參加營運，每艘油輪之裝運量達二、三十萬噸者已不足爲奇，在一九七二年七月石川島播磨重工業公司接受B．P．Goulandris 集團投資訂造一艘三六四、三〇〇載重噸油輪，揭開了VLCC型油輪的序幕，如今更有超級巨型油輪載重在四十萬噸以上者。油輪大型化在營運觀點固屬經濟，然因其載油量大危害海洋環境之威脅亦大，在一九六七年三月間 Toney Canyan 油輪兩次大量漏油，污染了英國 Corn Wall海岸，Cueensey海岸及英吉利海峽，致使該地區海藻、魚類、貝殼類等動物大量死亡，愈使吾人感到油輪之作業安全對海洋環境保護之重要性。

二、油輪污染海洋環境之緣由

油輪污染海洋環境極爲嚴重，然欲圖保護海洋環境必須瞭解污染的由來，茲歸納如下列六項：

(一)油輪在落卸油或裝油當中，稍有不愼，常造成漏油。

(二)油輪洗艙時排出洗艙水或抽棄不要之壓艙水，經常含有大量油漬。

(三)油輪進塢修理或在解體碼頭拆解時，有時將船內留存之污水油渣、垃圾等擅自就棄卸棄或排出港內。

(四)積存艙內之輕柴油、重柴油、潤滑油油污當油輪在港內試俥或開動副機時，常抽出船外，油污積少成多，構成污染威脅。

(五)船上垃圾或掃艙之地脚品隨意傾倒，造成污染。

㈥油輪因爲爆炸或其他意外事故造成之油污災害。

三、油污染海事環境之嚴重性

在一百萬份海水中含有成份達一百份者即構成污染威脅。如在港內水域油污染致使港埠設施諸如防波提、碼頭、浮標及其他海上建築污損。油污染地區使遊樂觀光客望而却步，使海水浴場之泳客掃興，倘油漬聚集過多，亦易造成火災，尤其對海洋生態之影響更爲嚴重，如魚群遷徙遠離污染區域或死亡，使漁業者蒙受損失，鳥類羽毛因油污而不能飛翔，有者淹死，有者因飢餓而死亡，海洋植物如矽藻或其他浮游生物均受到死亡威脅，受污染之海洋動植物，如當作爲食品，則間接造成了人類健康之損害，並且受油污染之水域船隻不敢航行，恐生危險。

四、油輪對海洋環境之保護措施

㈠油輪作業方法之改善，有助污染之事先防範一遵守油輪作業安全專家之油輪作業安全指導。

海洋環境之保護，首重事前之安全措施，尤以油輪爲甚。自Torrey Canyon油輪事件以後，國際海運會議對油輪作業之安全更爲重視，諸如油輪之裝卸作業及清洗油艙均須採用最新科學方法操作，以維安全。譬如在清洗油艙前，所有油艙非必要時均應關閉，以免空氣與碳氫化合物瓦斯混合，洗艙器應用清潔海水冲洗以去除電苛、綑縛洗艙器之鐵纜應隨時檢查是否傳電，不可使用固定型高壓洗艙器，不可隨意加注清潔劑，避免重覆使用海水，不可將海水加熱至攝氏六十度（華氏一百八十度）以上。洗艙時應經常將艙底水抽乾，如不及抽出時，應停止洗艙，以待抽乾後再進行。若爲進塢或修理而需熱水洗艙，事後油艙應以冷水徹底清洗，並且不斷檢查瓦斯以確保其存在量在最低燃料限度百分之四十以下，如瓦斯已達最低燃燒限度百分之四十時，應暫停洗艙，予以通風使其減至最低燃燒限度百分之二十以下。

㈡採用最新的科學方法以消除海面油污，出事後立即有效之補救。

海環境受油污染以後，爲了減低損害成度，必須採取迅速而有效措施，世界各國科學家均不斷潛心研究新方法，不論以化學處理法或物理處理法，均應兼顧油輪船期之節省與油污處理之安全。對於油污染小域的處理，除了消除油污外，應進向利用廢物轉變有用之物，譬如最近兩位年青以色列科學家盧生保博士（Dr. Eugene Rosanlurg）與萬尼克博士（Dr .David Gutmick）均爲以色列 Tcl univ 大學學者，實驗利用RAG（Rosenlurg Awabam Gutnmick）細菌極爲成功。該細菌能將油污分解成蛋白質及可用石油，不僅解決部分油污問題，同時將亦能分解成之蛋白質充作動物飼料。

五、油輪污染責任之保險—船舶營運人責任互保社

船舶營運人責任互保社（Protection and Indemmity Shipowners Association）簡稱船東P & I組織，迄今已有百餘年歷史，其所以不斷發展、主要原因有三點：其一，國際貿易之發達；其二，船舶噸位大型化，風險增大；其三，有關航運法規之演進加重船舶營運人之責任。

自十九世紀以來，船舶營運人互保社因營運人實際需要在航運先進國家紛紛成立，而其責任範圍亦逐漸擴大。加以世界各國航運立法不斷加重船舶營運人之責任，益使此一組織在航運界極有力量。

在船舶營運人互保社創立之初，一般人總以爲該組織之目的，祇不過對船東提供因船舶碰撞未能獲得補償之其餘四分之一損失額提供補償而已，因爲保險商承保¾ Ruming Down Clause船殼險，照例僅按實際損害額四分之三給付保險金，其餘四分之一並不負擔以警惕船舶營運人善加注意保護其船舶。其後，該組織逐漸擴大其責任範圍，包括海事立法所加諸於船舶營運人之責任，提供保護，譬如船舶營運人對人身傷害及生命喪失之責任，亦要求該組織給予保護並提供損失之補償。

自一九六九年The Internatin Covention on Civil Liaqility ForoilP Pollution Damage）締結以來，船舶營運

人對油輪造成污染之責任日益加重，雖然船舶營運人互保社亦承擔了此項油污責任之風險，但由於責任過鉅，不得不將重大災變再保險，以減輕自已負擔。同時一項負無限責任之London Group of P.&.E. Association亦被迫限定每一事件發生之申賠最高限額為美金一千四百四十萬元。

六、油輪船東或營運人之國際性組織

(一)TOVALOP (The Tanker Owners Voluntary Agreement ConCerning Liability For Oil Pollution Federation Ltd)

1 TOVALOP聯盟成立之由來

TOVALOP聯盟是由一群油輪船東或營運人針對油污染問題而成立，彼等希望藉此一組織，促使油輪船東或營運人針對所屬油輪之卸油或因卸油造成之災害盡其應盡的責任，並期透過P.&.I互保社或國際油輪補償協會(The Internationl Tanker Indemnity Association Lmited)確保油輪船東或營運人對油污染之防止或損害補償義務之履行，在一九六九年十月六日TOVALOP聯盟開始成立，當時該組織成員佔世界油輪百分之五十(政府或政府機構所擁有之油輪或總噸在三千噸以下之油輪不計在內)。至一九七一年十月六日TOVALOP聯盟已有超過百分之八十成員，到了一九七二年七月十四日已達百分之九十九。

2 TOVALOP聯盟之特點

(1)鼓勵入盟之油輪船東或營運人於卸油或因卸油造成災害採取立即補救行動。

(2)透過保險業務，確保入盟油輪船東或營運人履行義務之經濟能力。

(3)避免現行海商法規與實務內管轄權問題造成之困擾。

(4)加重油輪船東或營運人反駁疏忽指控之舉證責任。

(5)補償政府為防止或減輕由於油輪卸油損害所發生合理費用儘管依現行國際或地區性法律，該政府無權利亦無義務採取此項行動或為此項費用接

受補償。

3 TOVA LOP 聯盟責任之最高限度

由於加入該組織之油輪之疏忽或過失所造成卸油或因卸油而引起重大緊急災害，則入盟油輪船東或營運人必須付清除責任或負擔當地政府因此項行動所發生之合理費用。但同一次事件，如其按登記總噸合計以每一總噸不超過美金一百元爲限，但其總額不得超過美金一千萬元。

㈡ CR I STAL 協會

上述TOVA LOP 聯盟之成員，將補償最高限額提高至美金三千萬元，另組成國際油輪CR I STAL 協會。

七、各國立法對海洋環境之保護

自油輪Torrey Canyon 號擱淺所造成之油污染事件後，各國紛紛立法以加重油輪船東或營運人之責任。

㈠美國政府在一九七一年公佈之水質改進法案（water Quality Improve Act）中規定，除非船東或營運人能證明船舶之排油純係由下列四項之一種或數種原因所致：

1. 不可抗力之原因（An Act of God）。

2. 戰爭之行爲（An Act of War）。

3. 美國政府方面之疏忽（Negligence On the Part of the United States Government）。

4. 第三者之作爲或不作爲，不論此項作爲或不作爲是否由於疏忽所致。（An Actor Omission of a Third Party Without Regard to Whether and Such Act or Omisson was or was not Negligence）否則，任何一艘排油船舶船東營運人應該項排油行爲違反美國法律，應負責賠償美國政府設法清除該項油污所發生之實際費用。此項費用以每總噸不超過美金一百元或總額不超過美金一千四百萬元兩者中之金額較少之一種標準。若美國政府能證明該項非法之排油行爲，係在船東所能了解及私下授意範圍內之故意疏忽或故意錯誤之行爲，

則船東或營運人應負責賠償實際發生之全部費用。該法案並規定所有航行彎靠美國港口之船舶，均應有船舶營運人責任互保社出具之財力擔保證明書。此項規定業已于一九七一年四月三日起生效。此外，在美國又通過立法，禁止船舶在海岸水域內任意排洩廢油，對違反者得按每天美金五萬元處分罰款，而按每一天作爲違反處罰計算單位。另外，船東或營運人尙須負擔清除油污之費用，該法案對違法者尙有監禁之權。

(二)澳大利亞各州對於非法油污有其個別處罰法規。不過，大致說來，船東或營運人均應負擔清除污染之費用。倘油污之發生並非船東或營運人故意之過失或私意之行爲，則其賠償責任亦有限制，即以每總噸澳幣一百二十元，或總額澳幣一千二百六十萬元，以兩者之中金額較少之一項爲最高賠償額。

(三)巴西政府亦曾通過立法，規定凡可能污染海水之任何東西，均不得在離該國海岸六浬內之水域拋棄或排洩。即使油漆船索時，不愼將油漆滴落內水域亦可能遭受巨額之罰款。

(四)在美國，商船油污法案（Merchant Shipping (oil pollution Act 1971）已與布魯塞爾同盟（Brussel Conference）通過之國際會議中獲一致同意之條款，The Civil Liability Convention已正式生效實施。在該法案下，船東對於油污所造成之一切損害均應付賠償之責。惟若由以下原因所造成之污染則不在此限：

1. 不可抗力之原因（Act of god）。
2. 戰爭敵對行爲（Act of war）。
3. 第三者故意之行爲Wilful Act of a Third Party或
4. 任何負責導航之機構單方面之疏忽。

該法案規定船東責任限制爲每總噸五十六鎊。在英國註册登記之船舶在裝載散裝原油超過兩千噸時，應具備保證書。其他國籍之船舶進出港口，應遵照英國主管機關之規定。並在一九七一年Oil in Navigable Water Act中，將違反規定之罰款，自一九五五年之 £ 1,000 提高爲£50,000。

(五)日本在其昭和四十五年十二月二十五日頒佈海洋污染防止法中，對船舶之廢棄物、油之排出管制以及對海洋污染防止措施均有規定。

(六)最近經濟部訂定船舶廢污物管理辦法

經濟部訂定船舶廢污物管理辦法，將報請行政院核定後，公佈實施。

此項船舶廢污物管理辦法，主要是配合水污染防治法之執行，其主要內容包括：

(1)船舶非因受嚴重損害，不得在港區或沿岸線五十浬以內水域排洩含油混合物，但可排洩於主管機關設置的收受器。

(2)船舶不得在港區排洩污染物，但得排洩於主管機關設置的收受器。

(3)船舶非因受嚴重損害，不得在港區排放濃度逾林格曼二號的濃烟。

(4)船舶發現有嚴重損害時，須迅速自行處理，並以最快方法報請目的主管機關及船舶所有人或代理人補救。

(5)油輪洗艙水的含油量不超過百萬分之五十者，應儘可能遠離陸地排洩。

(6)主管機關可依水污染防治法有關規定，施行檢查，採取適當措施。

(7)違犯本辦法規定的，除罰鍰外，船舶所有人，賃船人，代理人或船長，對所生損害負賠償責任。

(8)船舶拒絕主管機關依法核查或不予合作，除依規定罰鍰，必要時可限制出港。

八、結論與建議

聯合國曾於一九七二年估計，每年有一百萬噸石油流入海洋，另有龐大數量的磷酸、鉛、水銀及其他物質。美國總統首席環境顧問特萊茵針對此種形勢在倫敦警告說，一九六〇年至一九八〇年這個時期中，石油運輸增加了六倍，且各國在全球生態系統中是一個很大而重要的部分，不容海洋商業的污染危險無休止的增加。因此，美國環境保護署在一九七三年四月初即訂定臨時條例，以禁止海洋環境被污染。同時在一九七三年十月間國際會議將處理輪船污染問題。油污染海洋環境之問題深受國際重視，已不容置疑。而我國在此方面既無適切法律亦無專案單位，故建議如下五項：

(一)制訂適切之防止海洋污染法規，及切實管理辦法。
(二)成立管制海洋污染之專責單位，切實檢查執行。
(三)積極從事海洋科學研究，改進防止污染措施。
(四)加强油輪從業人員之作業安全教育。
(五)督促油輪公司參加油污保險。

參考書籍

(一)TOUALOP "(The Tanke Owners Voluntary Agreement Conerning Liability For Oil Pollution effective From 20th February 1971
Publish By The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd.41/43 Micing Lane London EC3R7AE
(二)Oil Pollution-The Bitannia Steam Ship Insurancetae Assocaition Limital-Issued by the Managers Findall Riley &Co
(三)Tanker Practice-The Construction operation and Maintenance of Tankers-G.A.B.KING -Inssued hy The Manitnne Press Limited 13 Long Acre Londen W.C2.
(四)Tanker Safety Guide (Petroleum)-International Chamber of Shipping
(五)石油對海洋及港埠污染處置之研究一中國文化學院海洋研究所出版。

台灣的海洋觀光資源

任曙菲

台灣風光明媚，氣候宜人，經過數百年來人工之雕琢，刻上無數名勝古蹟，尤以地處西南太平洋之要衝，為國際旅客觀光遠東之中途站，遂成為旅行遊覽的勝地，自古即被譽為"寶島""翡翠"、"FORMOSA"，實在當之無愧。

今日世界各國，對於發展觀光事業，已成為國際間一種新的潮流，為最有利的"無形貿易"，亦是最有利的"無形出口"，不僅有助於國際瞭解，文化交流，更有益於經濟繁榮與國民生活現代化的推進，實為一多目標，新型態的綜合性事業。

近年來經政府與民間的協力推進，台灣的觀光旅遊業務，已呈現突出之成長趨勢，並顯示此一新型的"無煙囪之工業"，將愈來愈成為本島經濟發展潛力的重要資源。

台灣為一海島，四面臨海，且地處亞熱帶，沿島之海濱遂成為台灣旅遊不可或缺之深具發展潛力之一環。玆將全島的海洋觀光資源分為海濱名勝及海濱浴場等二方面做一簡略介紹於下：

濱海名勝之簡介

(一)北部對置海岸(Contraposed)
(二)西部離水海岸(Emerged Coast)
(三)南部珊瑚礁海岸(Coral reef Coast)
(四)東部斷層海岸(Fault Coast)
(五)沿海雜島

(一)北部置台海岸—東由三貂角的萊萊鼻，西至淡水河口附近的油車口，海岸綫大約八十五公里，濱綫長約一百四十四公里，岬灣相間反復出現，有許多波蝕棚，海蝕洞門，蕈岩、風稜石、巨礫灘等海岸特殊景觀。其路綫範圍包括：東起三貂角—福隆—澳底—鼻頭角—瑞濱—八斗子—和平島—萬里—野柳—金山—石門—富貴角—白沙灣—淡水—八里等地。

玆將此海岸之特殊名勝概述如后：

1. 三貂角—有村舍、田地、燈塔，觀賞沿岸浮礁怪石，碧浪翻花，山坡上朵朵野花，漁舟隱現充滿詩情畫意。
2. 福隆—依山面海，景色秀麗，無驚濤駭浪。爲一理想的海水浴場。
3. 鼻頭角--爲本省地形上最東北的尖角，長年受東北季風及多季巨浪之侵蝕，海岸奇岩怪石，是東北海岸中最美之一段。
4. 八斗子—基隆市市區東北，白沙綠樹，環境清幽，夕陽西照時提邊垂釣，饒有詩意，前人有〃八斗看夕照〃之題。
5. 和平島—位於基隆港口北端，岩礁甚美，岩壁高懸，古樹蒼然，海濤拍岸，洶湧時有如白銀，景色頗壯觀。
6. 野柳—北海岸著名的風景區，有無數經海水冲蝕的奇岩怪石，例如仙履石、女王頭石、海龜登陸、海濱石乳、蜂巢怪石等，蔚爲奇觀，故爲天然保育區及建海底公園之理想場所。
7. 金山—以溫泉、海水浴場、青年育樂營聞名，在海上有兩座巨石，宛若一對燭台，故名燭台嶼。
8. 石門—爲一座高數丈的天然獨立巨石，經海水風雨長年冲蝕，中門蝕出一大洞門，狀如古城拱門，故名石門。距淡水約二十三公里。
9. 淡水—是台灣最大的城塞之一的紅毛麿城，有海水浴場、高爾夫球場，設備完善，環境幽靜。淡水河口、煙波飄渺，風雲萬狀，向帆點綴水天碧波間，故有〃戌台夕陽〃之稱。

(二)西部離水海岸—北迄淡水，南至楓港，約四百餘公里。大部份爲單調平直的沙灘，缺乏良好港灣。〃安平晚渡〃沙崑漁火〃〃鹿耳春潮〃曾列爲台灣八景，現因地勢，景物全非，只剩安平古蹟尚多，尙可供觀光。海岸地帶漂沙豐富，造成綿延三百多公里海灘，多處已闢爲海濱浴場由北至南有竹圍，南寮、崎頂、通宵、大安、淸水、鯤鯓、旗津等。

(三)南部珊瑚礁海岸—台灣南端西自楓港，東至旭海、海岸綫長約有九十公里，濱綫長約一百公里。沿岸淸水淸澈，日光充足，群礁特別發達，加以海蝕造型，呈現特有景觀，如蜂窩岩、海蝕柱、傾瀉岩塊等。

著名海濱名勝有：

1. 鵝鑾鼻：位於台灣最南端，頗似非洲好望角，有一座聞名世界的燈塔

，可遠眺巴士海峽中之無人島七星岩。浪花騰空，汪洋一片，是台灣唯一捕鯨魚場。

2. 墾丁公園—距恒春南十六公里。面積四百卅五公頃，全區遍布珊瑚礁石，玲瓏嶙峋，秀麗奇特，園內有望海亭、仙洞、觀日峯、北嶺奇岩和一綫天等名景。深具有觀光發展的潛力。

(四)東部斷層海岸—北起三貂角，南至旭海之南，長約 380 公里，蘇澳、花蓮間，斷崖臨海。花蓮、台東間臨海階發達，海蝕地形顯著，形成東部特有的景觀。其著名之名勝有如下列：

1. 龜山島—在頭城東面十公里，爲一火山島，島上有溫泉，風景很美，因狀如巨龜故名之。山頂尚有噴火口，經常噴出硫磺煙霧蔚爲奇觀。
2. 蘇花公路—蘇澳至花蓮，全長一百九十公里，爲聞名中外的臨海公路。公路在中央山脈腰間廻旋，一面斷崖峭壁，俯瞰汪洋一片。台灣八景之一的清水斷崖卽在此路上，上摩危岩，下臨大海，白浪滔滔，渺無涯際，令人嘆爲觀止。
3. 八仙洞—位於長濱鄉，距岸約二百公尺外，有高約 15 公尺寬 8 公尺深達四十公尺之洞底石隙，清泉涓涓，內有大小十二石洞，傳爲八仙過海暫居之所。現設有廟宇，名靈巖寺，香火鼎盛。
4. 三仙台及石雨傘—三仙台位於成功鎮北方海岸，三巨岩矗然並列於近岸海中，波浪衝擊甚壯觀。岩間有洞，長約一百公尺，貫通東西如隧道。石雨傘位於岸上公路側，爲一獨立之圓柱形巨石，上峯平，下側直，如柱承蓋，蔚爲奇觀。

(五)沿海離島—

1. 小琉球—位於東港西方十五公里，由珊瑚嶼所構成，奇岩怪石，有龍蝦洞，山豬溝，猴石和花瓶石等名勝。島上寺廟林立。
2. 綠島—距台東東南十八里，簡稱火燒島，有樓門岩、兄弟岩、朝日溫泉，觀音洞及東海岩等奇怪岩石，島上產梅花鹿及珍奇的食果蝙蝠。
3. 蘭嶼—距台東南方四十九浬，簡稱紅頭嶼，中有高山，氣候溫暖，山胞爲雅美族，仍保守原始生活。奇景甚多如情人洞，兵艦島，女神石，夫池等。以產蝴蝶及蝴蝶蘭聞名中外。極具有觀光開發潛力。

4. 澎湖群島—由六十四個小島構成，地勢平坦，風多雨少，有林投公園，媽祖宮、文石書院、通樑榕樹、跨海大橋等勝景。每當月夜漁火滿佈海上，情趣無窮。

名海濱浴場之分佈：茲按序介紹於后：

(一)北部地區：開放者：頭城、福隆、萬里、金山、新金山、白沙灣、八里、竹圍、南寮、崎頂、通宵等十一處。

未開放者：瑞濱、基隆、淡水（兩處），等四處。

1. 頭城海水浴場：

位置—起自東海岸之第一個海水浴場，位於宜蘭縣頭城鎮，面臨太平洋，遠眺龜山島。

特色—浴場寬四百公尺，滿潮時泳區長七十公尺水深三公尺，海底平坦，由淺而漸深無礁石，沙質細，呈鐵灰色，無泥土夾雜適宜戲波弄潮，也宜游泳競賽。又海灘另有十七公頃的木麻黃防風林綿延數千尺，濃蔭蔽日，可供露營及其他野營活動。

交通工具—鐵路搭宜蘭線至頭城站步行約一公里，公路乘北宜線至頭城站。

2. 福隆海水浴場：

位置—位於台北與宜蘭之間的貢寮鄉福隆村，面臨太平洋。

特色—此浴場由台灣鐵路管理局經營。此處三面環山，在外海與沙灘間有一條淡水河流，故除可作海水浴外亦可作淡水浴，浴場長十餘公尺，開放泳區外海長三百公尺寬一百五十公尺，內河泳區長一百二十公尺寬六十公尺，沙質黃色，周圍以紅色浮球作警戒綫，深水區且設有安全島供泳客休息。此處並可供滑水（為本省海水浴場中唯一可作開放性滑水）。浴場亦有野營地，常舉辦假期活動。

交通工具—由台北乘宜蘭綫火車於福隆站下車再步行三分鐘即達。

3. 萬里海水浴場：

位置—台北縣萬里鄉，距基隆十三公里。

特色—該浴場安全泳區長八百公尺寬一百公尺漲潮時水深三公尺，退潮時水深約二公尺，沙呈鐵灰色，該處汽車旅社附有大、中、

小淡水游泳池各一座。

交通工具—公路則可從基隆乘崁腳綫基隆客運，亦可從基隆乘金山綫公路局。

4. 金山海水浴場：

位置—位於台北縣金山鄉水尾村，毗連水尾漁港與新金山海水浴場僅隔一個山頭。

特色—該浴場泳區長約三百公尺寬七十公尺，沙灘有卵石，浴場旁有金山大飯店可供遊客膳食及休憩之用。

交通工具—公路則可自陽明山、台北、基隆等三處乘金山綫公路局可到達。

5. 新金山海水浴場：

位置—位於台北縣金山鄉，與金山海水浴場僅隔一小山頭。

特色—該浴場泳區長五百公尺，漲潮時水深約三公尺，安全泳區較大，可容納萬人同時戲水，此處三面環山，沙灘平坦，救國團在此設有金山活動中心，時常舉辦假期活動，爲青年人專屬之海水浴場，附近並有獅頭山海岸公園。

交通工具—由金山海水浴場乘車前往，約半小時可達。

6. 白沙灣海水浴場：

位置—位於台北縣石門鄉。

特色—該泳區海灘長一公里，安全區域離岸一百公尺，水深一公尺半，退潮時泳區縮小水深亦僅一公尺，此處沙質白細，海水清澈爲北部最理想的海水浴場之一。

交通工具—公路可由淡水乘金山綫公路局。

7. 八里海水浴場：

位置—位於台北縣八里鄉，於觀音山山脚，與隔岸淡水遙遙相望。

8. 竹圍海水浴場：

位置—位於桃園縣大園鄉沙崙村的南崁港西面，面積約五十公頃。

特色—該浴場泳區長一百公尺寬二百公尺，沙黑質堅，沙灘平坦，海水清澈，右側築有百餘尺長防波堤增加泳客安全，沿岸遍植木麻黃防風林，林間植有花草，景色宜人。該浴場與漁港相通，每

當夕陽西下漁歌唱晚，北端灘頭，適於垂釣。

交通工具—可乘桃園客運前往。

9. 南寮海水浴場：

位置—位於新竹縣頭前鎮的溪口，離市區約六公里。

特色—該浴場泳區長五百公尺，海灘成弧形，沙質潔淨，呈金黃色，海底平坦，波濤碧綠，適宜戲水弄潮，沙灘上有木麻黃林十公頃，林木參天，浴場附近有遊戲場、運動場、兒童樂園、博覽室等另設有人工溫泉，海水熱浴等設備，北端是南寮漁港。

交通工具—乘新竹客運可直達。

10. 崎頂海水浴場：

位置—位於苗栗縣竹南鎮崎頂車站的西湖海上。

特色—該浴場海灘遼闊平坦，沙細色白，海岸滿植樹木，環境幽雅，但因地點較偏僻故遊客較少。

11. 通宵海水浴場：

位置—位於苗栗縣通宵火車站前，爲台灣最早開闢的海水浴場，創始於清季諸羅縣治時代，台灣通誌上記載的虎嶼觀潮勝景卽指此地。

特色—此處天然景色幽美，沙細色白，海灘遼濶設備齊全，海底平坦海外有水淺之沙壩，予人有安全感。

交通工具—鐵路可乘海綫縱貫綫，通宵站下車。

(二)中部地區：開放者：大安一處。

未開放者：高美（淸水），鹿港等二處。

12. 大安海水浴場：（又名海乾海水浴場）

位置—位於台中縣大安鄉的海乾村。

特色—此處爲一凹形淺水灣，浴場以天然砂丘爲界，滿潮時形成一內湖，退潮水淺露出數百公尺長的沙灘，浴場內建有二百餘坪的樓房，休息室及涼亭等。

(三)南部地區：開放者：鯤鯓、旗津、墾丁等三處

13. 鯤鯓海水浴場：

位置—位於台南市區郊外濱海處。

特色—此處泳區約長二百公尺寬五十公尺，岸旁有一寬十公尺蜿蜒於
　　海岸的防風林林蔭下為泳客休息所。

交通工具—可乘台南客運鯤鯓綫可直達。

14.旗津海水浴場：（又名西子灣海水浴場）

位置—位於高雄市旗津區西海岸。

特色—浴場長八百公尺，設備齊全，惟因地形及潮差關係，沿岸水流
　　較急，浴場右側為高雄港口。

交通工具—可自高雄市內乘渡船前往。

15.墾丁海水浴場：

位置—位於屏東縣恒春墾丁海濱。

特色—此處由省林務局經營設備齊全，環境清潔，沙灘沙細水潔，風
　　平浪靜，景色綺麗，有新型別墅，賓館及餐廳，可容納近百人
　　食宿。

(四)澎湖地區：僅有一處。

16.時裏海水浴場：

位置—位於澎湖縣馬公鎮。

特色—海水清澈見底，沙細且白，海灘兩端有岩石珊瑚礁適宜潛水活
　　動。

海洋觀光事業發展的方向與展望

台灣為東亞航空的要站，東西太平洋兩岸的轉接點，從台北可至韓國、日本、菲律賓、泰國、香港、印尼。甚至可聯接至歐洲大陸及北美、南美等地，交通非常便利。目前有台北松山國際機場、高雄小港國際機場，及興建中的桃園國際機場。海運亦相當便捷，東部有花蓮港、西部有台中港，南部有高雄港，北部有基隆港。台灣島內的交通網亦相當密集，有縱貫公路，三條橫貫公路，及興建中的南北高速公路，鐵路方面亦在發展鐵路電氣化，完工後將可成為本省的捷運系統。阿里山的森林鐵路為一聞名國際的鐵路。故台灣的地理位置，適當於遠東地區觀光路線之衝，再加上台灣的風光明媚，氣候宜人，社會安定，經濟發達，實可招來大批內外遊

客到台灣觀光，可以促進經濟發展，社會繁榮，以及加強國際間的互相瞭解、文化傳播，並可增益外滙，充裕國家財源。

台灣北部如淡水、石門、金山、瑞濱海水浴場，風光旖麗，美麗如畫，應充實各浴場設備及海中遊樂設施。野柳自然風景，怪石嶢峨，頗能吸引觀衆。該地設有水族館爲全省較大者，養殖鹹水、淡水魚類三四百種，現正設計擴展中。基隆之千疊岩與小基隆島嶼間，如能架設水中覽車，可暢遊海中，俯視天然海中奇景。以上各濱海名勝地毗鄰台北大都市，遊人衆多，爲發展觀光事業的優良條件。東部福隆、宜蘭、羅東、花蓮間遠眺太平洋，海濶天空，數處海水浴場爲滑水衝浪的好去處。蘭嶼、綠島爲海上蓬萊仙島，如能有定期遊覽船隻，或建水上機場，配合考古，人類學、海洋生物之研究，介紹與增設觀光設施必能廣泛招攬國際學者人士，前來考察遊覽，藉以建設地方，繁榮經濟。西部新竹台中間之竹圍、通宵、海乾、高美等地可依海岸地勢發展爲海埔新生地之濱海建設，苗栗一帶，天然氣與石油之海底資源開發，與夫輸油港之建立，藉海洋工業建設促進海洋發展。梧棲、彰化、鹿港一帶配合新港建築可利用台中港之高潮（6M）關係，籌設小型潮夕發電站，以及大甲溪大肚溪之兩大河流入海關係，而加强海洋生物之研究，至於台南、高雄、安平、鯤鯓一帶海濱可大量培植鹽田或做成爲海水淡化工廠，以灌溉農田或供都市用水，以工業化建設爲遠東的海上中繼港，可招來海上旅客，高雄、馬公或小流球間應發展海上快速交通——汽墊船，或水下交通以補救海峽季風的影響，更可與澎湖美景、珊瑚勝地相輝映，便利離島交通。高屏間沿區區域，應作爲〃海洋牧場，養殖海域〃，以東港爲人工養殖中心，必將爲台灣水產繁殖帶來革命性之建設，提高蝦類繁殖，對烏魚人工繁殖、魚苗養成，亦可吸引觀光遊客。鵝鑾鼻一帶海灣風光旖麗，珊瑚礁石崢，正爲海底觀光海上公園之勝景妙境，配合玻璃船與潛艇以及水下潛水表演，亦配合墾丁公園之建設，熱帶植物林之培養、鐘孔岩洞之奇觀儼然成爲南部之觀光勝地，亦開拓海洋資源繁榮地方之道也。

筆者認爲台灣發展海洋觀光最有潛力的地區爲野柳區、恒春墾丁區、蘭嶼。海濱觀光地之野柳，係突出於太平洋，由岩礁所結成的細長半島，呈現因海蝕而成之原始岩石奇觀。又沿海濱道路之漁村風景，充分具備地

域性之特色，尤在金山與野柳周圍地區，村落之美景頗爲顯著醒目。故此野柳既代表海濱自然風景及人文之觀光據點，又爲自台北市可作一日遊程之地點，不論各人觀感如何，確已成爲都市市民所必需之觀光遊樂處所。而具有極大之魅力。恒春墾丁區的特性爲位於台灣的最南端，從高雄可作一日之旅行，並且具有熱帶性氣候風土，擁有豐富之熱帶性動植物，擁有熱帶地形之海岸線、珊瑚礁與藍色海洋，並且自整體而言尙屬未經營之處女地區，以後當整建爲熱帶觀光地區。蘭嶼有美麗的海岸線，湛藍的海水。海中有甚多美麗的熱帶魚，可籌建大水族館，發展海底潛水遊樂事業。島上並盛產蝴蝶蘭及鳳尾蝶，可帶來很多的外滙。

台灣四處環海，人民頗有島國居民的熱情，友善風俗及樂觀進取的本性，再加上台灣的天然資源相當豐富，若加以適當的整建規劃，台灣必可發展爲全世界海洋觀光事業的重地，爲國家帶來可觀的外滙，並可敦睦外交促進文化的交流。

海洋調查與研究

朱祖佑

一、參加黑潮探測國際合作研究

黑潮為太平洋之暖流，水溫略高，鹽度較大。在其經過地區，對於漁業及沿海氣候，均有莫大影響。聯教組織政府間海洋委員(Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO)有鑑於此，特於五十一年(一九六二)發起，從事黑潮及臨近區域之合作研究(Cooperative Study of Kuroshio and Its Adjacent Region)，邀請吾國參加。教育部召集有關機構加以商討，決定參加。惟當時因國內尚無專門從事海洋調查研究之機構，此事交由國際海洋研究會中國委員會負責主持，策劃進行。同年十一月政府間海洋委員會在東京召開籌備會議，出席參加之代表有中國、美國、日本、韓國、泰國、越南、香港及蘇聯等單位。在此會議中，有數項重要決定：

1. 調查項目：包含物理、化學、地質、生物、漁業、氣象及地球物理等。
2. 調查範圍：為北太平洋西部，北起日本北海道東面，南迄菲律賓海，西自韓國西面沿海，迄台灣海峽與中國南海北部。在此區域內，規定各國負責探測之區域。吾國當時雖尚無實施探測之把握，為表示願擔負一部份國際合作之義務起見，同意負責台灣近海二百浬範圍以內之探測。
3. 探測時期：規定自五十四年(一九六五)開始，每年至少實施二次。
4. 參加之國家或地區，各指派聯絡員一人，組成國際聯絡團，互選主席一人，同時擔任國際聯絡員，向政府間海洋委員會負責。
5. 在東京成立一黑潮資料中心。各國調查所得之資料，均集中於此，然後印刷，分送各國應用。

自東京會議後，吾國海洋委員會即開始籌備。惟委員會並非一行政或研究機構，無固定工作人員及經費預算，實施海洋探測及研究，困難甚多

。故與有關機構聯繫，組織一黑潮探測小組委員會。參加者有中央研究院（化學研究所、動物研究所），國立台灣大學（地質系、動物系、漁業生物試驗所），海軍（總部情報署，海道測量局），台灣水產試驗所，氣象所，省立海洋學院等單位。黑潮小組委員會由阮維周先生任主席，作者擔任秘書兼聯絡員，負責籌備一切有關事宜。

吾國之黑潮探測，經一年多之籌備後，於五十四年九月二日開始實施第一次出海作業。所需船舶，由海軍陽明艦擔任，所需人員由台大動物系，中央研究院化學研究所，海軍海道測量局，水產試驗所及海洋學院等派員參加。所需經費由長期發展科學委員會補助。

吾國實施黑潮探測，共舉行八次，其航程大致相同，其日期如下：

第一次：五十四年九月二日至十月十三日。

第二次：五十五年三月十二日至四月二十六日。

第三次：五十五年九月十日至十月十四日。

第四次：五十六年四月二日至五月十日。

第五次：五十六年九月三日至十月廿九日。

第六次：五十七年五月十四日至六月八日。

第七次：五十七年九月十日至十月廿八日。

第八次：五十八年四月十二日至五月十二日。

每次探測後，即將資料加以分析整理，除隨時將水文資料寄至東京黑潮中心及華盛頓世界海洋資料中心外，吾國海洋委員會亦自行編印黑潮資料報告。每年一册，包括兩個航次。其內容除水文資料外，並列入化學分析結果，浮游生物及海底沉積物分析報告等。

黑潮探測國際聯絡會議，每年或一年舉行一次。先後曾在東京、馬尼拉、曼谷及檀香山等地召開。吾國均派員參加。聯絡會議討論黑潮探測之實施狀況及展延事宜。歷次會議之比較重要事項，爲參加國增加新加坡及印尼，探測範圍則擴展至中國南海南部等決議。五十七年四月在檀香山集會時，同時舉行第一次黑潮學術討論會。吾國出席參加者五人，提出論文七篇。五十九年八月在東京集會時，舉行第二次黑潮學術討論會，吾國參加者四人，提出論文十一篇。

六十年十月，吾國退出聯合國，同時亦與聯教組織斷絕關係。黑潮探

測研究係該組織之海洋委員會所主辦，故於六十一年後所召開之黑潮聯絡會議及第三次學術討論等，吾國均未參加。

二、台灣大學海洋研究所之籌設

中美科學合作委員會於五十三年成立。對於海洋科學相當注意，美國海洋學家華倫博士(Dr. I. E. Wallen)及斯坦巴赫博士(Dr. H. R. Steinnbach)，於五十五年春應邀來華訪問，經考察結果，建議我國政府設立海洋研究所，於是教育部命令台灣大學負責籌備。五十七年國家科學委員會亦將海洋科學一項，列入發展計劃，並補助經費作為購置儀器及建築房屋之用。於是海洋研究所於五十七年八月一日正式成立。海洋研究所之設立，負有雙重任務：一方面培植研究人才。一方面從事實際之研究工作，主要目標有四：

1. 海洋科學各種基本研究之實施。
2. 海洋資源之探測及有關問題之研究。
3. 參加國際合作海洋研究。
4. 教育並訓練海洋科學人員。

吾國過去尚無海洋研究所之設立，一切設施均無成例可循。台大海洋研究所成立之初，為慎重起見，設立計劃與審議二個委員會：計劃委員會負責審議研究計劃及研究人員。嗣因實際需要，奉准改組，僅設評審委員會，由台大校長聘請有關機關代表及海洋研究學科之專家為委員。並指定一人為主任委員，海洋研究所所長為當然委員兼執行秘書。

海洋研究範圍甚廣，海洋研究所在成立之初，因感人才缺乏及設備不易，僅設「物理海洋」及「海洋生物及漁業」二組，物理海洋組包括海洋物理、海洋化學、海洋地質、海洋氣象及地球物理等。後因政府重視海洋礦產資源之開發，而歷年添置之地球物理儀器甚多，故於六十二年增設海洋地質及地球物理組。海洋研究所自五十八年起，招收碩士班研究生。

海洋研究所，除一部分編制內人員之薪給及辦公費用，由台灣大學負擔外，其他臨時人員之薪給及全部設備費與研究費用，均由國家科學委員會補助。海洋研究所現有實驗館一座，建築於台大校園內。研究船「九連

」號，係於五十八年五月，由美租借我國，先由海軍接收，並由國科會出資加以修葺改裝。至同年十月修理完竣，開始出海作業，從事海洋調查工作，仍由海軍操作維護。六十一年三月，九連號進塢大修，增闢實驗室，添置衛星定位設備，及震測，重較車等地球物理探測儀器。同年十二月一日，九連號自海軍除役，由國科會接收交由海洋研究所管理使用。九連號除經常在台灣近海從事海洋探測外，曾於五十九年及六十年兩度赴中國南海探測。六十二年四月及六十五年五月遠航至菲律賓海及關島，從事地球物理探測。

國內海洋學人才較缺，研究所之師資及研究人員，大部分係延聘國外已得博士學位之青年科學家擔任。近一二年中亦有自動申請志願應聘返國者。此外曾先後自日本聘請資深之海洋物理學家二人，來台擔任教學。美籍地質學家二人，由美國國家科學基金會資助來台擔任教學及研究工作。國科會曾聘請美籍地質及電子專家各一人，協助海洋研究所建立海洋地球物理探測設備，從事海上探測工作。六十年四月二十八日海洋研究所落成，舉行揭幕典禮，同時召開中美海洋資源研討會，出席中美海洋科學專家一百餘人，檢討目前吾國所有之海洋資源及研究狀況，並建議將來之需要及研究之方向。

三、海洋研究所研究概況

海洋研究所自成立之後，即開始從事海洋調查及研究工作，並將研究結果刊載於該所出版之研究報告或發行專刊，茲將數年來該所之研究概況，簡述如下：

㈠物理海洋之研究

九連號經常在台灣週圍及南中國海調查海流狀況，及海水之理化性質如水溫、鹽度、含氧量、酸度、磷酸鹽、矽酸鹽及氮化合物等，研究其分佈狀況及季節變化。此項研究不僅以明瞭海洋之各種基本現象爲目的，亦爲供給從事海洋生物及地質方面各項研究所必需有關環境之資料。

黑潮主流沿台灣東岸北上，每年向北運輸之熱量，對於大氣之影響甚大。美國 Scripps 海洋研究所，正從事北太平洋海洋與大氣大規模影響之

研究（NORPAX），需要此項資料，故由華盛頓大學之 Brace A. Taft 博士與海洋研究所合作，從事台灣與石垣島間之水文調查，計算海流之運輸量。研究其季節變化。此外並利用花蓮與石垣島之潮汐記錄，研究二地之海面差與運輸量之關係。

台灣東部沿海有上昇流之現象，已由多次觀測，自水質分佈之狀況加以證明，但其發生情形尚未十分明瞭。美國佛洛利達州之大學薛亞先生，曾於六十四年六月來台，與海洋研究所合作，利用九連號再作有系統之觀測，加以研究。

台灣沿海，在颱風季節及季風期間，經常發生巨大波浪，影響船舶航行及海岸工程，海洋研究所利用台中梧棲港之驗波記錄，從事波譜分析，研究其性質與風之關係，以便改進推測預報波浪之方法。各地之波浪受地形之影響，變化其大。為明瞭全島沿海各地波浪之特性起見，已在台灣北端（基隆八斗子海洋學院），南端（東港水產試驗所），增設驗波站，與成功大學及海洋學院等合作研究。將來尚擬在東岸花蓮增設驗波站，從事波浪現測。

潮汐預報有實用之價值，但以前台灣所出版之潮汐表，係用人力推算，所考慮之因素甚少。不但耗費時間，且不甚準確。海洋研究所以梧棲港之驗潮記錄，加以研究，採用電腦作業，分析潮汐調和常數，預報潮汐，成績甚佳。其他港口為基隆、花蓮、高雄、淡水等地之潮汐常數，亦經加以分析，並協助海軍改進潮汐預報之方法，建立潮汐電腦預報及推算一貫作業系統。

(二)海洋地質及地球物理之研究

海洋研究所在海洋地質底質方面之研究，著重於海底沉積物之分析，包括古生物成分、礦物成分，化學成分等。此外對沉積物經濟價值之研判亦十分重視。根據礦物論證顯示：台灣海峽沉積物多來自台灣，而南中國之沉積物多來自華南。一般而言，生物遺骸常隨離岸距離之增加而增大；石英方解石之比率，則隨離岸距離之增加而減少。顯示愈近大陸棚外緣，生物沉積之影響愈大，沉積物之礦物及化學成分，主要受發源地及沉積環境所控制。

就經濟觀點而言，在更新世時，因台灣四周之海面遠比現在為低，故

有經濟價值之重礦物及重金屬，可能集中在當時之沙灘上，其後在更新世末期，當海水上昇時被掩蓋，此等被掩蓋之沙灘，可能有潛在之經濟價值。

在地球化學方面，海洋研究所對南海及巴士海峽海水中金屬元素爲鈉、鈣、鉀、鋰、鍶、鎂等之含量，利用原子吸光法，從事廣泛之研究。一般言之，南海海水中金屬元素之含量，隨深度無顯著之變化。但部分元素隨深度或測站不同而異。其中鈣與鎂含量，隨深度之變異可能與生物活動有關。在巴士海峽海水中，鈉、鉀與鎂之分佈與鹽度，具有某種程度之相關性。而隨深度有顯著之變化。至於鈣、鍶與鋰等，則隨深度之變化，在實驗誤差之內。

此外研究所研究南海岩心中浮游性有孔蟲之分佈及其化學成分，以期瞭解南中國海古海洋之狀況。在有孔蟲殼內鍶與鈣之比值變化甚微，表示南中國海水自更新世以來，其化學成分相當穩定。

在地球物理方面，海洋研究所在六十二年春，九連號研究船添裝空氣鎗（ Air gun ）及電爆器（ Sparker ）等震測設備，與地磁儀、精密測深儀及衛星定位設備等，從事地球物理探測，對於地層構造作廣泛之研究。六十二年三月，九連號前往菲律賓海至關島一帶作業，從事深海採樣及地球物理探測，包含地磁、震波及熱流三種，以期明瞭此一海盆之地球物理特性，進而研究是否有海底擴張之現象。自深海採取之沉積物標本，用以研究沉積環境及其經濟價值。

美國Woodo Hole 海洋研究所，於六十四年五月空運海上重力儀至台，與海洋研究所合作，使用九連號研究船在台灣及呂宋四周海域，從事水深、石射震測、地磁及重力測量，航程全長一三、二六二公里。此種地球物理資料之解析，可使吾人瞭解台灣及呂宋四周之地質構造，直接有助於台灣四周海域之資源探勘及開採。爲配合解析海域資料，已完成陸上沿東西橫貫公路概略的重力測量，及沿北宜公路，台東縱谷及東西橫貫公路之概略地質調查及岩石標本採集工作，加以分析。

六十五年五月，九連號自菲律賓海遠航至關島，從事地球物理及水文探測，回航時與 Scripps 海洋研究所合作，與該所之研究船配合，從事震測。九連號並增加折射震測儀及熱流探測器等設備，以資應用。此次探測之主要目的，乃在研究菲律賓海盆之構造及其與台灣之關係。

㈢海洋生物及漁業之研究

吾國漁業，自民國四十五年以來，經政府之鼓勵、策劃與推動，發展甚速，例如遠洋鮪釣漁業，至六十一年底止，共有遠洋漁船四九〇艘，分佈於三大洋中。總漁獲量十三萬公噸。價值六千萬美元，近海鮪釣漁船八四五艘，分佈於台灣近海及南中國海，總漁獲量二萬七千公噸。價值新台幣三億餘元。二者對於吾國之經濟發展，助益甚大。然此種漁業屬於國際性之漁業，有關各國均在加強開發利用。由於過度採補，發生過漁現象，欲求漁源不致枯竭，保持經常的最大漁獲量，必須從事研究，設法作合理經營，才能持續發展。海洋研究所在鮪資源方面，正從事下面各項研究：

1 一般生物調查及族群研究，藉以明瞭鮪類族群之分佈情形及廻游動態。此項研究包含：

⑴生物學的研究，如形態測定、體長組成、年齡成長、產卵以及卵與仔點的分佈等。

⑵餌料研究，尋覓適宜而多量價廉之國產餌料。

⑶食性研究，以明瞭鮪類與其他生物間之食物連鎖關係。

⑷生理化學研究，利用電泳等生化技術，分析魚類血液及肌肉等組織之蛋白質組成，以配合漁業資源之族群判別。魚類生理以及魚類生化系統分類與類緣關係等研究。

⑸寄生蟲學研究，係研究魚體及內臟之寄生蟲，藉以確定與民生之關係，並可作族群研究之參考。

2 漁獲統計之研究，蒐集在各洋作業之漁獲量及漁獲努力量，加以整理分析及統計，以求瞭解各大洋漁船之作業情形，並掌握最新之漁況動態，作鮪釣業者之作業參考。目前此項工作已使用電腦作業，因此能迅速提供正確而具時效之漁況資料。

底棲魚種類甚多，較重要者如狗母、赤鯮、金線、白口、赤海等。此類漁業發展甚速，採捕區域：自台灣北部及台灣海峽，延伸至南中國海及澳洲北部，目前年產量約爲三十八萬噸，約佔總漁產量百分之五十。因此底拖網漁業在台灣漁業生產中，佔極重要之地位。此項漁業資源具有繁殖之再生產能力，如能合理而有效的利用，則取之不盡，用之不竭，能永遠維持最大的持續生產量。爲達此目的必須致力於資源之研究，以便擬定底拖網

漁業合理的管理方法。

民國五十九年開始，台灣漁業局與海洋研究所合作，在國科會、農復會及漁業局等研究專款補助下，組成底魚資源研究小組，從事東海、南海等舊漁場底魚資源之診斷。民國六十三年又增加澳洲北部新漁場之診斷。目前對於白口、金線、赤海、狗母、赤鯨等五種重要魚種之生物方面的研究，俱已完成。

台灣南端沿海盛產珊瑚，為一種工藝及觀光資源。海洋研究所曾於六十年九月與關島大學合作，在鵝鑾鼻一帶調查沿岸之珊瑚、熱帶魚、貝類及其他各種脊椎動物之分佈，編印報告。此項調查目前仍由海洋研究所繼續辦理，並從事系統分類及生態之研究。

海藻可作為食用，藥用及工業用。如吾人所熟知之昆布、紫菜及海苔均可作為食用。鷓鴣菜可作為蛔蟲驅除劑。海藻灰與褐藻膠工業，均以海藻為原料。台灣於近年來對於海藻之利用已逐漸發達，最顯著者如以龍鬚菜造洋菜。台灣之海藻種類繁多，如能加以研究，頗多經濟價值。可以人工方法大量栽培，促進海藻工業之發展。

海洋研究所曾採取兩種紅藻類，抽出製洋菜之成分，加以比較。一種為金門產之白鶴菜，另一種為小琉球產之鈎汲菜，經研究之結果，發現白鶴菜製洋菜之成分，較台灣產任何龍鬚菜為高。至於鈎汲菜，目前僅為當地人民所食用，尚無其他用途，為加以適當之處理，亦可作為製洋菜之原料，其品質甚佳。此外海洋研究所曾作紫菜培養之試驗，以便將其結果應用於人工培殖方面，加以推廣而增加產量。

海洋研究所在過去數年已完成之研究，為(1)台灣經濟海藻（紫菜、海菜）之生活史研究。(2)紫菜絲狀體，海菜接合子之實驗室培養。(3)餌料用浮游藻類之分離及大量培養(4)基隆港及高雄港之生態調查。目前正進行中之研究有下列各項：(1)紫菜與海菜實地養殖試驗，及海藻中褐藻酸成分之分析。(2)以分離培養之浮游藻類，作稚魚稚蝦之餌料試驗。(3)大肚溪流域之生態調查。(4)台灣區污染防治先驅計劃中之水污染部分。

浮游植物與浮游動物為一部分魚類之主要食糧，其數量之多寡及分佈，影響魚類之產量與廻游。海洋研究所於每次出海作業時，均採集各層水樣，作浮游生物之分類及定量研究。

關於海洋微生物之研究，海洋研究所曾自海水中分離出酵母菌之存在，爲台灣首次所發現者。

㈣海洋化學及海水汚染之研究

台灣沿海因垃圾之傾倒，工廠廢水之排出以及水肥油汚等原因，使海水發生汚染，尤以港口之汚染情形更爲嚴重。水中含有各種病理性微生物，以及毒性極高之重金屬等。不但爲害海洋生物，亦且影響人類健康及環境衞生，亟需研究以謀改良與防止。海洋研究所與基隆港務局合作，從事基隆港之汚染研究，每月在基隆港內及八斗子一帶，在不同地點採集各層水樣，從事水質之化學分析、病理性微生物分析、動物浮游生物及水棲動物等分析。此項研究係自六十一年十月開始，至六十二年六月完成，並已編印報告出版。

高雄港之汚染研究，係於六十二年八月開始，至六十三年六月完成，由此項研究之結果，顯示高雄港灣部分汚染物質經由退潮帶出港口，然後再經黑潮支流沿西南海岸北流，可能影響本省台中至台南沿岸牡蠣及文蛤養殖事業。另一部分汚染物質，三天內可能到達澎湖海域，影響該地區之漁獲量。

在台灣西南沿海北港溪及朴子溪附近，每年春季有大量養殖之牡蠣及貝類死亡，影響養殖業甚巨，故海洋研究所與中央研究所及水產試驗所等機構合作，從事綜合性之研究，包括水流狀況，水質分析、地質狀況、微生物及生物學的研究等，以便發現其原因，從事預防改善，所需經費由農復會補助。

原子能和平用途之廢料，亦能產生汚染。海洋研究所與原子能委員會合作，已於六十二年十二月調查南海水域東經一一九度，北緯二十度附近之水文資料，及深海水流狀況，作爲選擇原子能廢料投置場之依據。

基礎生產力之研究，爲調查海洋生物資源重要方法之一。此項研究包括同位素碳十四之植物性浮游生物光合作用速率之測定，光合作用色素，營養鹽（爲硝酸鹽，亞硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽等）以及當地海域之水文（溫度、鹽度、 ph 值、溶氧量）及環境汚染物質（如酚類物質與重金屬等）等之調查研究。對於該海域之海洋生物資源，以及生物生長環境狀況之瞭解，頗多裨益。

微量元素在海水中之分佈，對全球性之海洋環境及海洋生物之影響，均爲極待研究之問題。不同水團中含有不同濃度之微量元素，故測定微量元素之分佈，亦有助於海洋水團中之辨別。海洋研究所於六十四年曾調查南中國海海水中微量元素之地球物理化學循環。對於台灣海峽及南中國海之海水，用原子吸光法，測定銅、鋅、鎳、鎘與鈷等微量元素之濃度剖面，微量元素在海水中區域性之變化，以及微量元素在南中國海之地球化學循環模型。此外並研究海水中懸浮物質之礦物與化學性質，以期瞭解此等懸浮物質與海底沉積物間之關係。

四、結　語

以上所述，僅就台灣大學海洋研究所在近數年來所從事各項海洋調查與研究之概況而言。此外中央研究院、成功大學、中國文化學院、基隆海洋學院、省立水產試驗所、港務局、中國石油公司、電力公司等機構，均已開始從事某一方面之海洋調查研究工作。並有顯著之成就。但台灣四周環海，航運發達，資源豐富，有關各項問題，均待積極研究。如海底礦產資源之開發，漁撈與養殖之擴展，海洋動力及溫差之利用，海水之污染防止等，均需調查研究之資料作爲依據。此項工作，因範圍甚廣，關係複雜，決非某一單位所能勝任。若能彼此合作，群策群力，則將來對於台灣在海洋調查研究及海洋資源之開發與利用方面，必有更大之貢獻。

沈没於菲律賓海中之失地
—華東古陸地

林朝棨

一、緒論

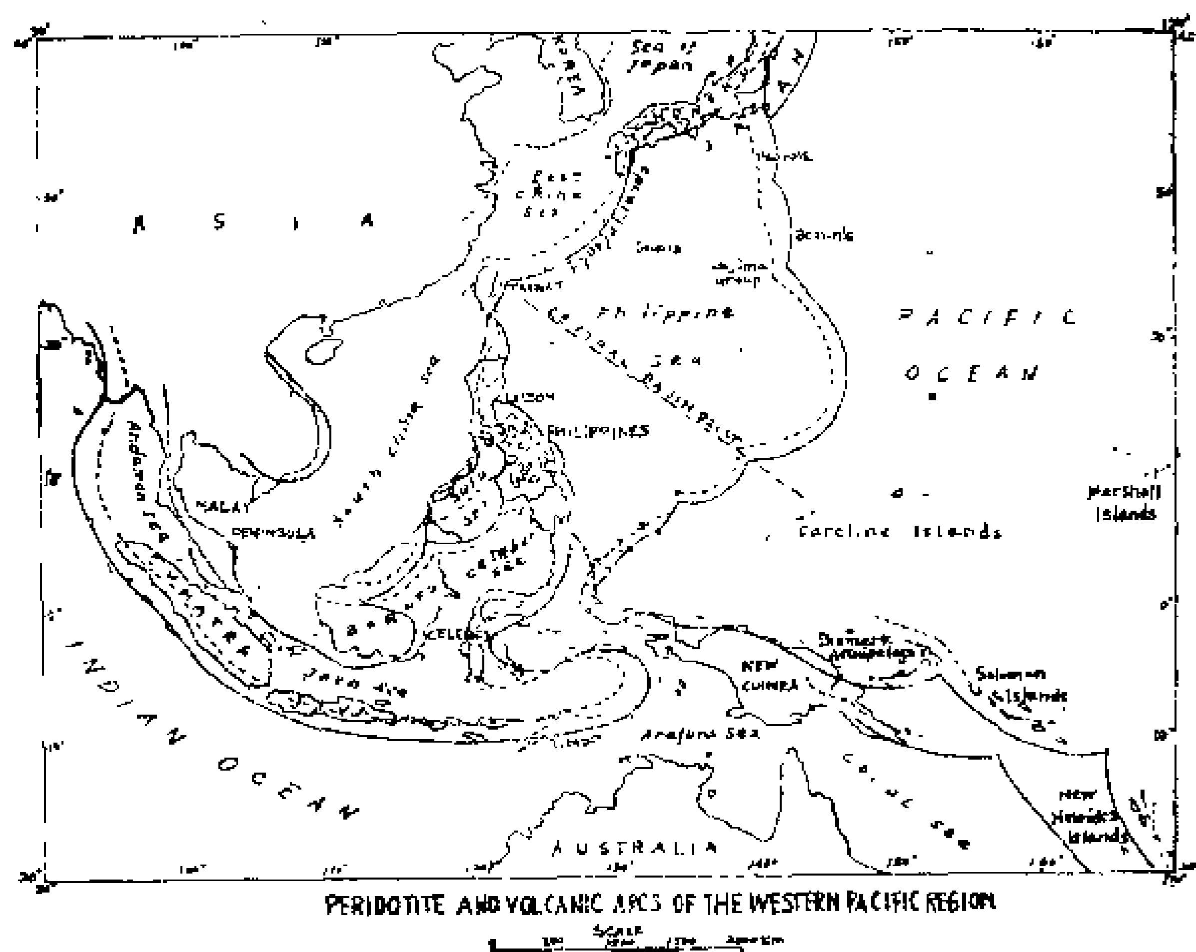
我國之東海、黃海、渤海、台灣海峽均為過去之陸地之沉沒於海中者，即所謂「失地(lost land)」。本文所討論者為此前幾個失地總面積之七、八倍，而沉溺於太平洋西側，成為菲律賓海之一大陸，日人稱為南方大陸，筆者稱之為「華東大陸」。

菲律賓海到底屬於太平洋西部之海洋地殼所構成，或地質時代一巨大古陸之沉水為海者，我國學者間意見有出入。因台灣島位於我國大陸與菲律賓海之中間，菲律賓海之地質學特性，對台灣之大構造性質，沉積物之來源，構造運動之原因，地震學上之基本問題，古地理等地史之解釋均有重大關係。菲律賓海是否海洋擴大所形成之太平洋西方延長之海洋地殼或過去大陸地殼之海洋化者，必須由該海周圍之陸上地質研究、本海之海底地形、海底基盤地質，以及海域之地球物理學性質等之資料，加以檢討後始可獲得結論。

二、菲律賓海之位置及地形

菲律賓海位於我國東方，東側有伊豆弧(Izu arc)，小笠原弧(Bonin arc)、馬里亞納弧(Mariana arc)、雅浦弧(Yap arc)帛琉弧(Palau arc)、西北側有西南日本弧(South Western Japan arc)，琉球弧(Ryukyu arc)，西側有台灣島及呂宋弧，而西南側有菲律賓斷裂帶(Philippine Rift Zone)。菲律賓海乃此等島弧及島嶼等所包圍之菱形海域。見圖一及圖二。

如第三圖所示，所謂西太平洋(包括菲律賓海)中，菲律賓海之地形與其東方之太平洋部份，有顯著之差異。菲律賓海中之大地形，與台灣島

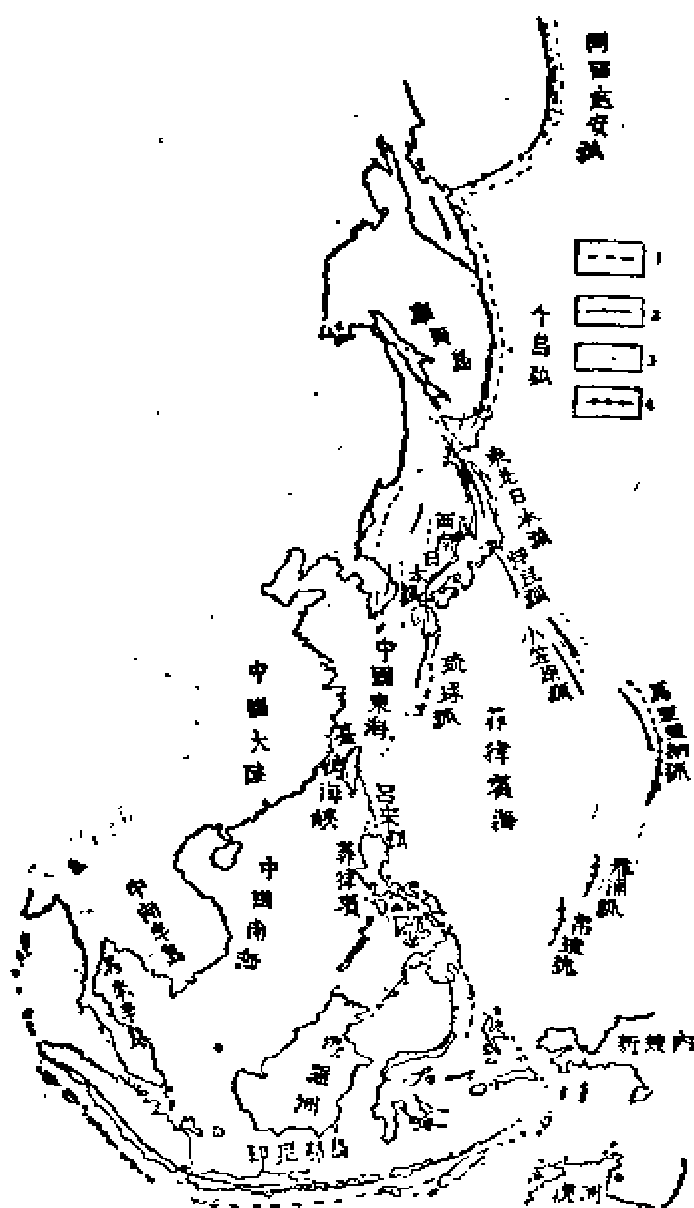


第一圖　非律賓海之位置　(Santos-Yñigo 1966)

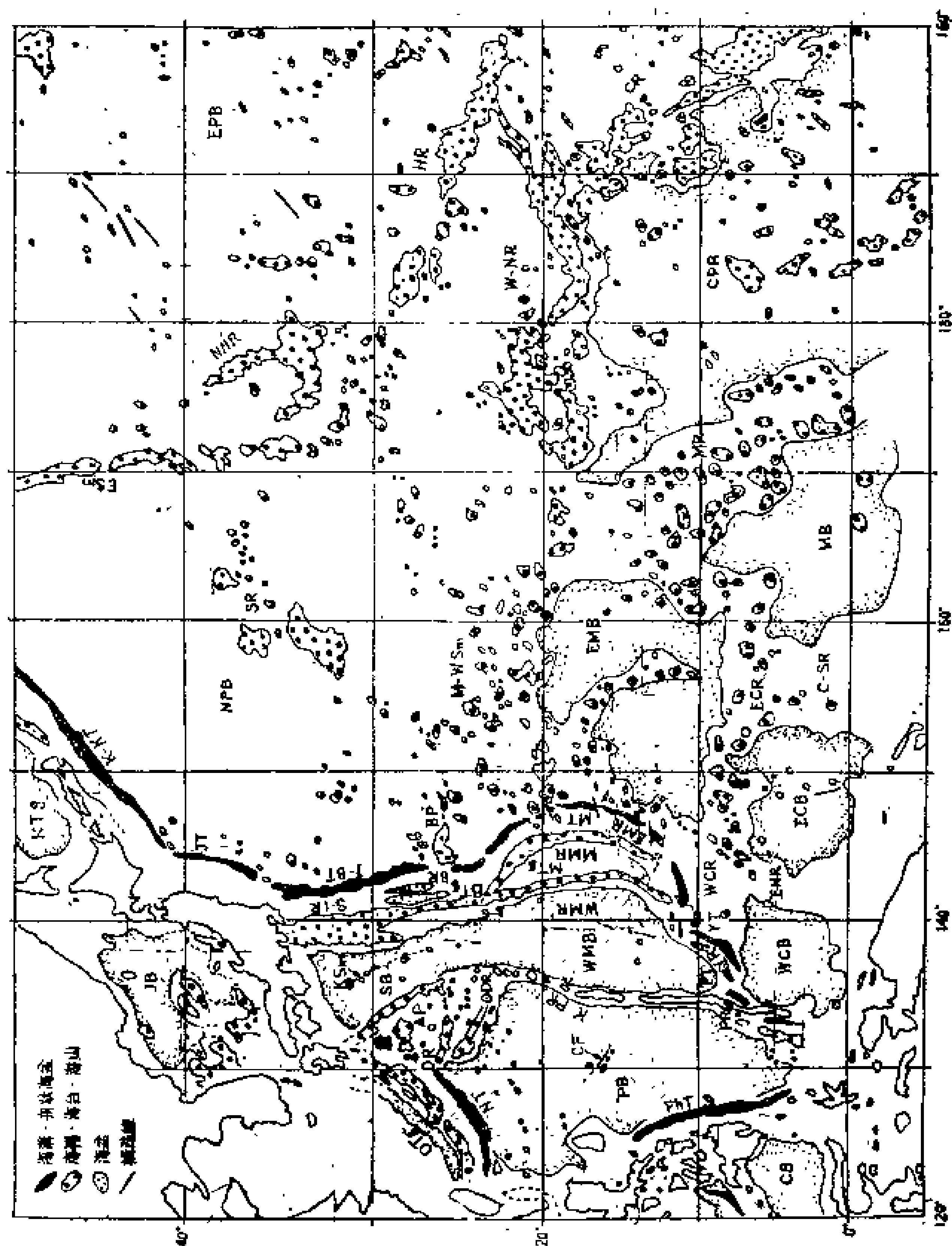
軸平行之南北性或亞南北性之延伸方向極爲明顯，而其西方之西太平洋中，有許多小圓形之海山及海台，其排列之方向性不明。

然而非律賓海中，以縱走於該海中央之南北向「九洲，帛琉海嶺(K-PR)」分爲東西兩部。西部爲非律賓海(PB)，而東部有北方之四國海盆(SB)，向南延伸爲南方之西馬里亞納海盆(WMB)。非律賓海盆、西馬里亞納海盆及馬里亞納舟狀海盆(MTg)之海底，有許多深海海丘，而四國海盆及小笠原舟狀海盆(BTg)之海底有甚厚之沉積物覆。九州一帛琉海嶺之北段及南段呈海嶺狀，而中段爲海山之列。非律賓海盆之北方有奄美海台(AP)，大東海嶺(DR)，沖大東嶺(ODR)等之複雜地形。

九州、四國外海之大陸坡上有一深約2000至3000公尺之平坦面，稱爲「日向海段」〔田山，1950〕；土佐灣外有另一深約1500公尺之平坦面，即土佐海段〔田山，1950〕，可能爲日向海段經斷層所變位者；西南



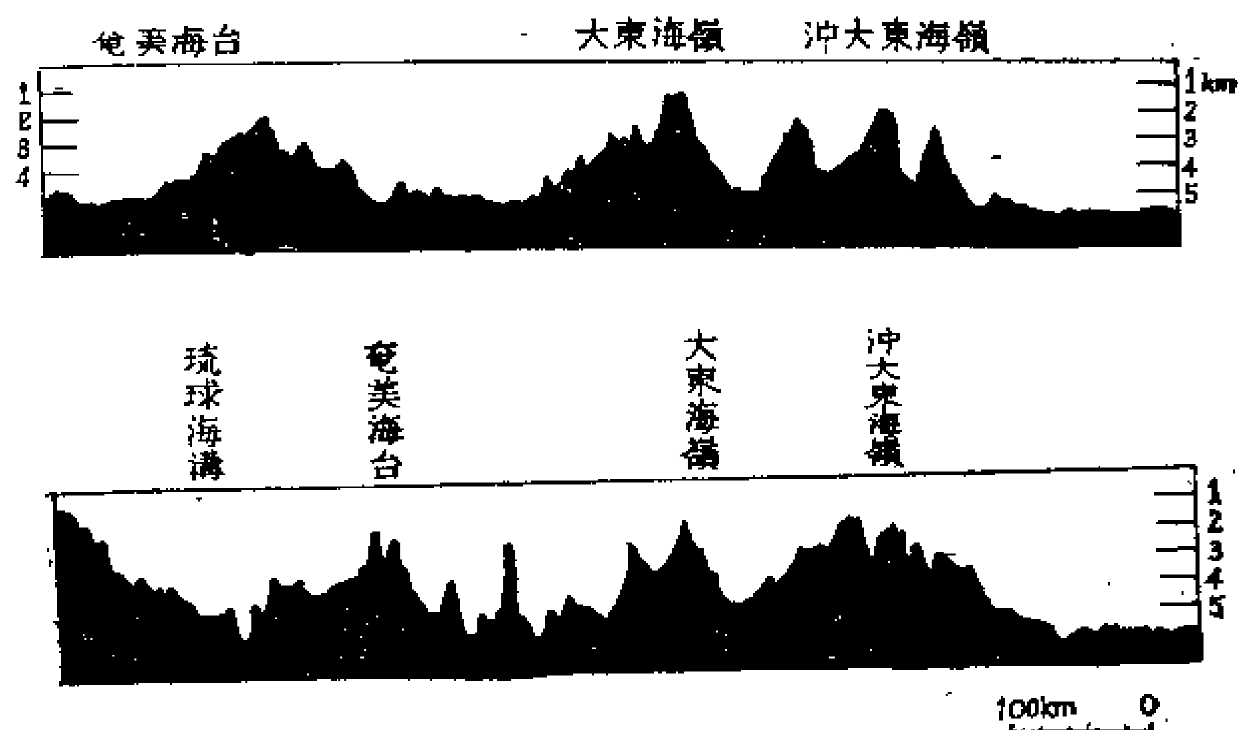
第二圖 菲律賓海之周圍。 1：漸新世末期或初期中新世開始之大變動(Green tuff變動，埔里運動）之外帶沉降部 （海溝內側）；2：1之變動部；3：小笠原—帛琉變動(Bonin-Palau Tectonic Movement, 太平運動，卽始新世中期前之大變動）之外帶沉降部（有時與海溝一致） ：4：3之變動部 〔藤田至則，1970.增補〕



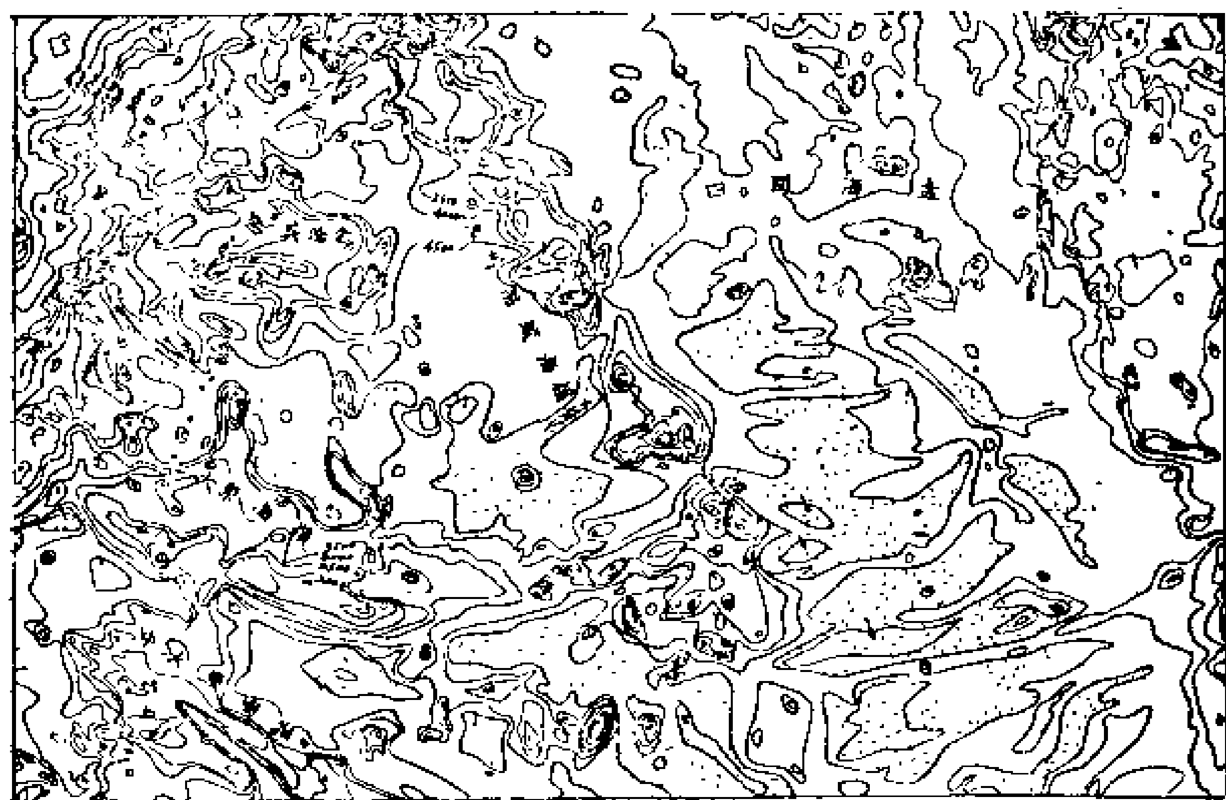
海溝・槽狀海盆
海嶺・海台・海山
海盆
構造線
EPB
HR
CR
W-NR
CPR
NHR
SR
NPB
MB
EMB
ECR
C-SR
JT
MT
MMR
ICB
WMR
WCR
YT
WMB
WCB
JB
SB
CF
PB
PhT
NT
OT
CB
40°
20°
0°
160°
150°
140°
130°
120°

第二圖　菲律賓海及西太平洋之大地形單位。

EPB：東太平洋海盆；
NPB：北西太平洋海盆；
CPB：中央太平洋海盆；
EMB：東馬里亞納海盆；
MB：美拉尼西亞海盆；
ECB：東加羅林海盆；
WCB：西加羅林海盆；
WMB：西馬里亞納海盆；
PB：菲律賓海盆；
CB：西里伯海盆；
SB：四國海盆；
JB：日本海盆；
KTg：千島舟狀海盆；
OTg：冲繩舟狀海盆；
BTg：小笠原舟狀海盆；
MTg：馬里亞納舟狀海盆；
C-KT：千島—勘察加海溝；
JT：日本海溝；
I-BT：伊豆—小笠原海溝；
MT：馬里亞納海溝；
YT：雅浦海溝；
PT：帛琉海溝；
NT：南西群島海溝；
PhT：菲律賓海溝；
NHR：北夏威夷海膨；
HR：夏威夷海嶺；
ESM：天皇海山夷；
SR：夏琪海膨；
M-Wsm：馬卡斯-威克海山
W-NR：威克-尼克爾海嶺；
CR：聖誕海嶺；
MR：馬紹爾海嶺；
GR：吉爾貝特海嶺；
MSm：麥哲倫海山膨；
C-SR：加羅林-所羅門海膨；
E-NR：歐里匹克-新幾內海膨；
S-IR：七島—硫磺島海膨；
WMR：西馬里亞納海嶺；
MMR：中馬里亞納海嶺；
FMR：東馬里亞納海嶺；
YR：雅浦海嶺；
PR：帛琉海嶺；
K-PR：九州—帛琉海嶺；
DR：大東海嶺；
ODR：冲大東海嶺；
KSM：紀南海山羣；
BP：小笠原海臺；
AP：奄美海臺；
CF：中盆地斷層 Central Basin fault）〔小林等，1971〕



第四圖　大東海嶺羣之剖面圖（南北剖面）〔茂木，1970〕



第五圖　菲律賓海北部之海底等深線圖〔茂木，1970〕

日本海與日本本州島之間亦有一深約 1000 至 2000 公尺之平坦面，由田山利三郎（1950 ）發現，且在本海段外側有海嶺，內側有海盆，最近經震測結果〔Murauchi, etal, 1968 〕獲悉內側海盆被相當厚之堆積物所充塡。

茂木昭夫認爲海嶺與海盆係由構造運動及嗣後內側海盆被沉積物所充塡而形成此種平坦地形，由於大地震時，其餘震域正與海嶺與海嶺間之海盆一致，故此等盆爲一構造單元。大地震時，此等構造單位發生活潑之活動〔南雲，1968 ; Mogi, 1969 〕。

菲律賓海之特徵之一爲本海盆北偶有一大東海嶺羣存在。菲律賓海之主要構造方向爲南北向，見第三圖，僅大東海嶺羣呈東西方向。此等海嶺位於深約 1500 公尺之處，愈北部愈呈東西向，至南方改呈西北西一東南東向，而由其直線狀排列看似屬於構造成因，海嶺頂部平坦且有珊瑚小島屹立。大東海嶺爲 1964 年Menard所稱「達爾文海膨（Danwin Rise ）」之一部分，而由海膨上所噴出之海坪（guyot）及環礁之性質看，似爲白堊紀前後之中央海脊狀海膨。

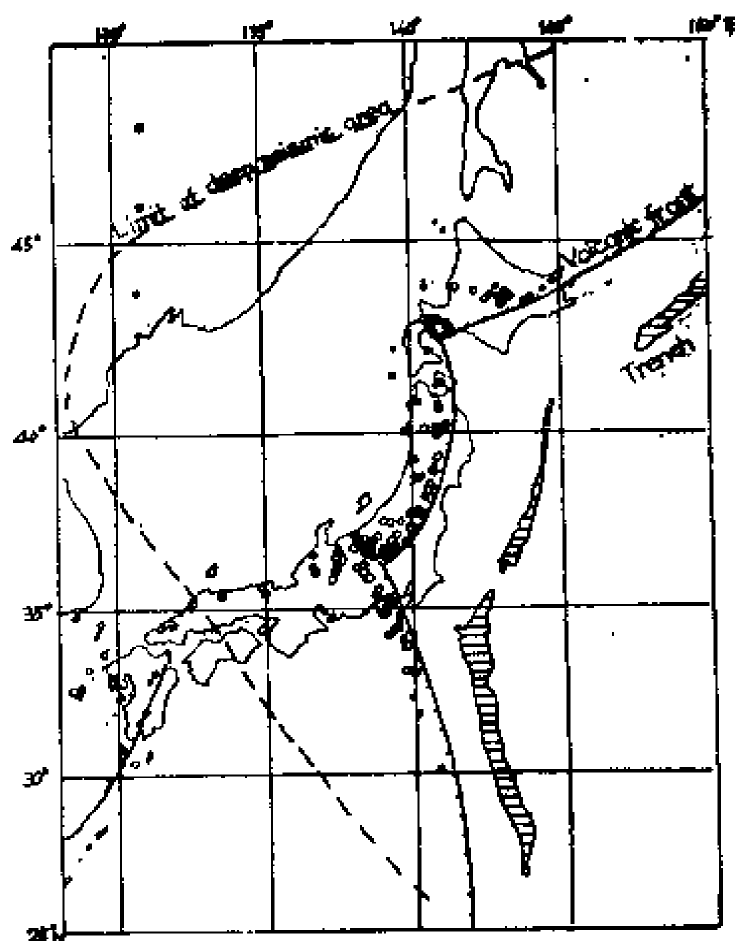
菲律賓之海底溺谷有深達 2000 公尺者〔Hess, 1936 〕，由於海底溺谷之全球性分佈，薛巴〔 shepard, 1936〕認爲過去全球之海水準曾下降 2000 公尺，溺谷之河口形成沖積扇〔田山，1952, Bate etal, 1959 〕。由深度 1000 至 3000 公尺之海段及 2000 公尺之全球性溺谷之存在，獲知第三紀末期陸地之一部分及海岸地形，因嗣後之海水準之普遍上升而沉降于現在大陸之半深海中。現在 4500 公尺左右深度之海底占大部分之菲律賓海，於第三紀時，僅呈深度約 1500 至 2000 公尺之較狹小之海域。

三、菲律賓海之大構造與地質

美國之海底盤地質探查船格羅馬、查林吉號及日本之海洋探測船白鳳丸，在進行菲律賓海底基盤地質之研究。結果獲悉菲律賓片體與太平洋片體間有顯著之地質及地質構造之差異。見第六圖。

如第三圖所示，西太平洋之西緣與菲律賓海之東緣間，有幾乎一連串之海溝分佈。一羣呈S形之海溝如千島—勘察加海溝（C-KT ）、日本海溝（JT）、伊豆—小笠原海溝（I-BT）、馬里亞納海溝（MT），雅浦海溝（

YT ）、帛琉海溝（PT）等將太平洋與菲律賓海隔開。其西側尚有呈M型之班尼奧夫面如千島、北海道班尼奧夫面、東北日本班尼奧夫面、伊豆一小笠原、馬里亞納、雅浦班尼奧夫面將太平洋片體與菲律賓海片體截開。在班尼奧夫帶之西側更有一連續之火山前線（Volcanic front）存在。上列三種構造線將太平洋與菲律賓海隔開，劃分為兩個完全不同特徵之構造單位，其東方太平洋片體，乃純粹之海洋片體，係因海底擴大所形成之部分，而具有中洋脊（Central oceanic ridge）、換形斷層羣（Transform fault group）與明顯之地磁縞狀紋樣區（Geomagnet banded pattern）等之特徵（見第七圖）。但菲律賓海地質學與地球物理學上之特徵完全不同。因此菲律賓海不能認為是太平洋地殼之西向延伸。

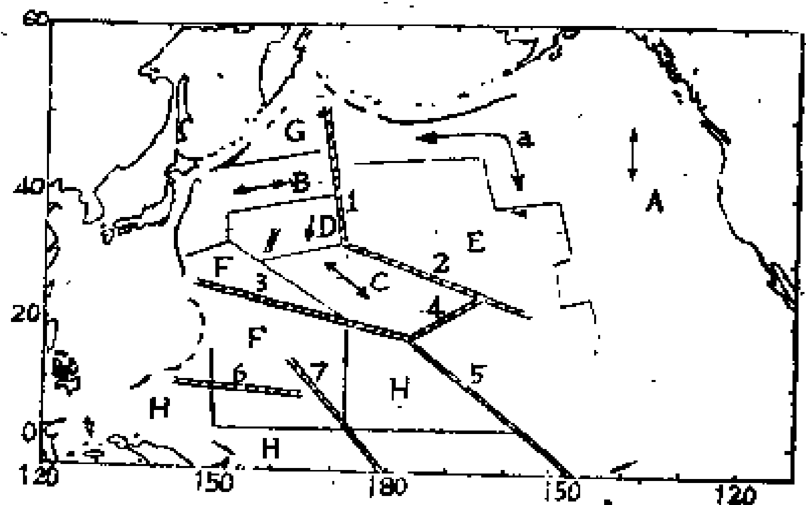


第六圖　菲律賓海片體與太平洋片體之大構造特徵之差異〔松田及上田，1970〕

關於菲律賓海之地質構造如第一圖所示，其由中央稍南側有一重要之構造線，即中央盆地斷層，呈西北西－東南東向，而似向西延伸至台灣島，橫切本島。惟本斷層於北緯15°～17°間甚為明顯，呈地溝狀構造，但北緯17°以北部分不甚明顯。如第三圖所示，菲律賓海之東部及北部大致以較新期之南北向海嶺及海槽構成，並偶帶有東西向較老期之短小海嶺以及無方向性之海台及海盆。西南部為廣而平坦之菲律賓海盆；海盆西北緣及西南緣之構造軸完全與海溝及島弧之延長方向平行，西北側者呈西北向，西南側者呈西南向之構造方向。此等與島弧軸平行者似屬于古老構造，而呈南北向者似為截斷古老構造方向之新構造方向。

據推測菲律賓海盆地之地質以中央盆地斷層為界，向南北兩側，堆積

物有變厚之傾向。地形起伏亦愈離中央盆地斷層愈小。海盆之西南側，大東呂宋海嶺之兩側海底呈階段狀，並有 0.6 sec 之混濁流型堆積物。日人亦曾於北大東島鉆井，深達432公尺，發現其間全部為珊瑚石灰岩，在井深300公尺處屬於中新世晚期，且海嶺頂部平坦面形成時代可能溯至白堊紀或古第三紀。故推測菲律賓海中之此地有廣大之白堊紀或古第三紀存



第七圖 地磁異常之分佈區。ABCD海域：地磁異常之縞狀紋樣區（箭頭之方向為縞狀模樣之方向）。H海域：縞狀紋樣存在不明，但地磁異常特大區；EFG 海域：Magnet Quiet zone。1：天皇海山羣；2：夏威夷海嶺；3：馬卡斯、尼卡海嶺；4：威克-尼卡海嶺；5：聖誕海嶺；6；加羅林海嶺；7：馬紹爾海嶺及吉爾伯特海嶺；a：Great Magnetic Bight 〔小林等1971〕

在，而至中新世時沉沒為海域，繼續下沉形成厚大之珊瑚石灰岩。且該陸地似向東廣泛延續，可達至馬卡斯、威克海丘羣 (Murcus-Wake Seamount group)。菲律賓海中，除一部分外，富於起伏之深海海丘甚多。所謂第二層（P波速 4.8km/sec² 之地層）之頂面位於海面下約 6km 之深度，顯然呈水平層，尤其於菲律賓海盆及馬里亞納海盆之南部發育甚佳。紀南海丘北端有海坪 (guyot)，茂木（1969）認為本海丘列為橫推斷層 (trans-current fault)，而其北方延長截斷南海舟狀海盆。

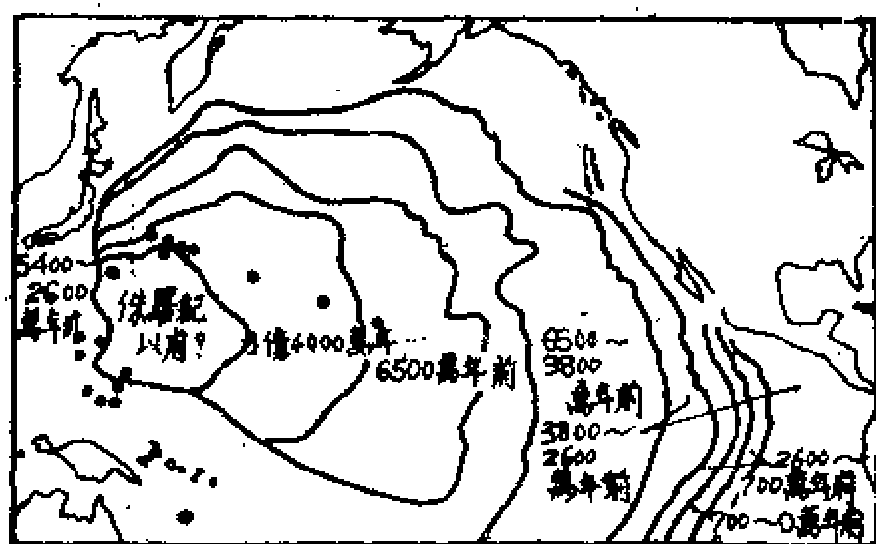
依據震測結果，震央僅分佈於菲律賓海四周，而如九州、帛琉海嶺、大東及沖大東海嶺以及紀南海山山脈等均甚安靜，而呈安定地塊性格，菲律賓海盆亦幾無震央分佈，故亦大致呈一安定地區。

四、菲律賓海片體不同於太平洋片體之証據

1 菲律賓海基盤岩石之年齡：1968年格羅馬、查林吉號測得太平洋東

側之中太平洋洋脊年齡最小，其兩側（尤其西側）愈離中洋脊愈古老。但此種太平洋底之由中洋脊向西有規則之時代變舊，僅至菲律賓海東緣之伊豆弧、小笠原弧、馬里亞納弧、雅浦弧、帛琉弧線爲止，其年齡最老爲 140 億年之中生代侏羅紀，一但越過上列島弧羣線之西，進入菲律賓海不但岩石年齡不增加，反而變爲新時代之 2000 萬年至 6000 萬年之小年齡。因此如果菲律賓果然爲過去大陸之一部分所形成，則其沉沒之時代爲新生代第三紀及新第三紀中新世之早期。換言之當今之菲律賓即爲古第三紀及新第三紀中新世早期之「華東古大陸」，而當初似乎還露出於海面上，並且向其周圍之島弧羣及台灣供應其碎屑物，但到了中新世早期之後則沉沒於海中成爲失地（lost land），並停止供應其碎屑物予周圍之堆積區（地槽等）。此種看法乃筆者在研究海岸山脈與中央山脈之沉積物的重點之一。

2. 菲律賓海地殼之震波傳播速度與地殼構造：1965 年 6 月英國拉蒙脫地質研究所之 R.V.Vema號與日本自然科學博物館之 Konan 丸，曾探測得如第九圖之 ABC，DEF，DEH，GH線之各種調查及計測，以了解菲律賓海及周圍之島弧—海溝系之地質構造，海盆及大陸之關係，震測所獲之地殼分層及各分層厚度、重力異常及磁力、堆積物之岩心、熱流、海底照相等。第十圖、十一圖、十二圖乃其所到之地殼剖面分層圖，同時表示各部分之震波速度（P 波）。



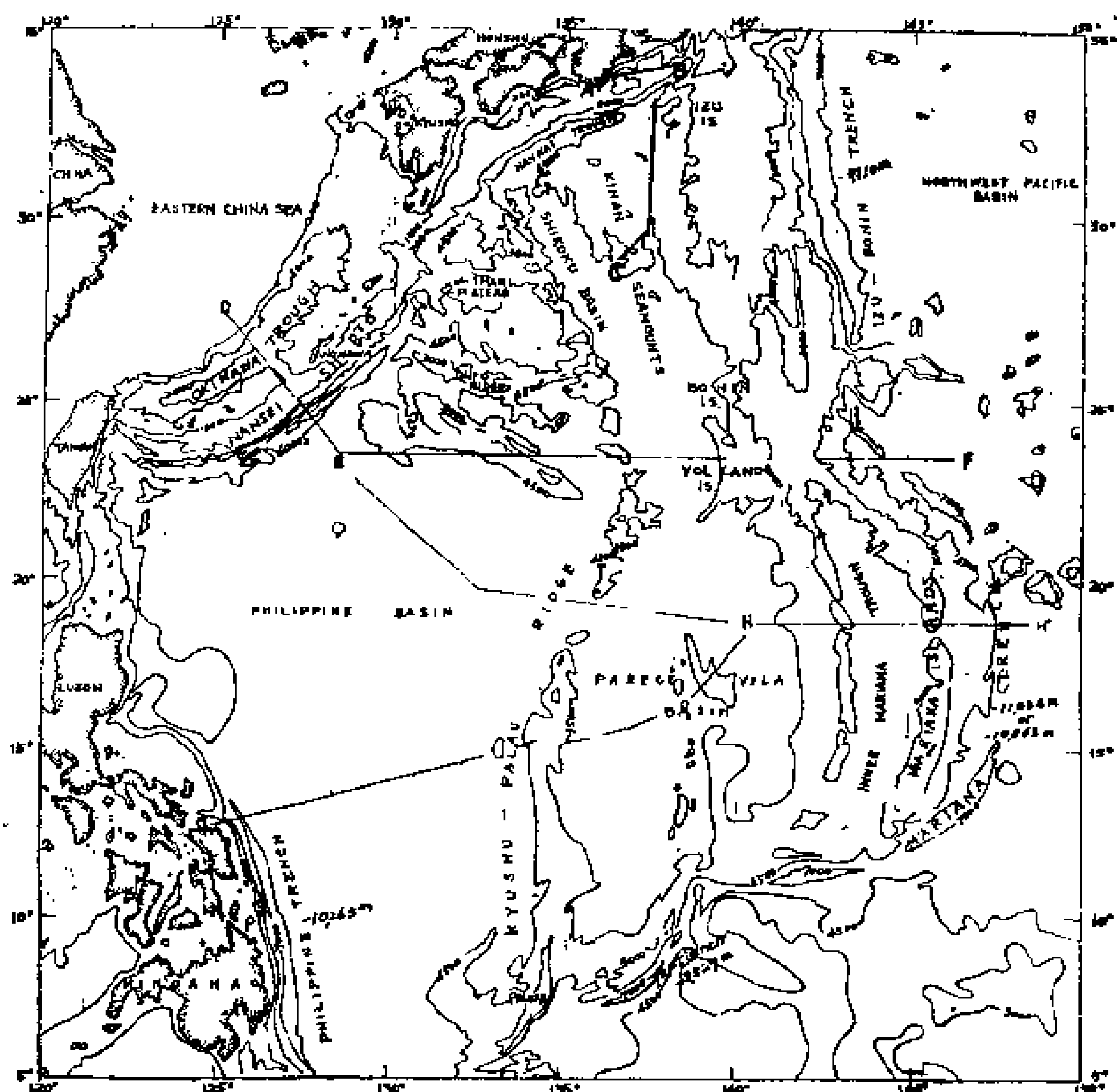
第八圖　在深海掘鑿計畫（JOIDES）中所明瞭之太平洋底的年齡〔自上田，1971〕

由此三剖面圖所示，菲律賓海柔軟堆積物下之花崗岩（5.0～6.1 km/sec）及古老堆積岩之層甚爲發達，本層乃代表大陸地殼之構造

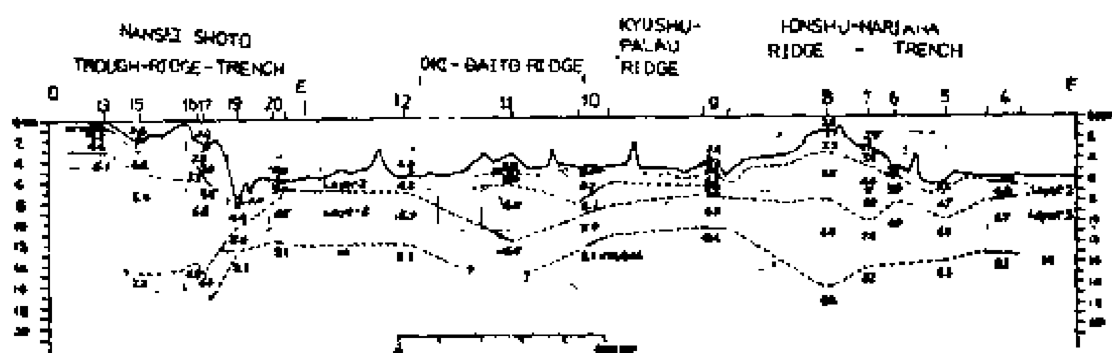
層。1968年村內等將非律賓海與太平洋海底地殼之比較如下表：

3. 非律賓海之熱流量分佈：

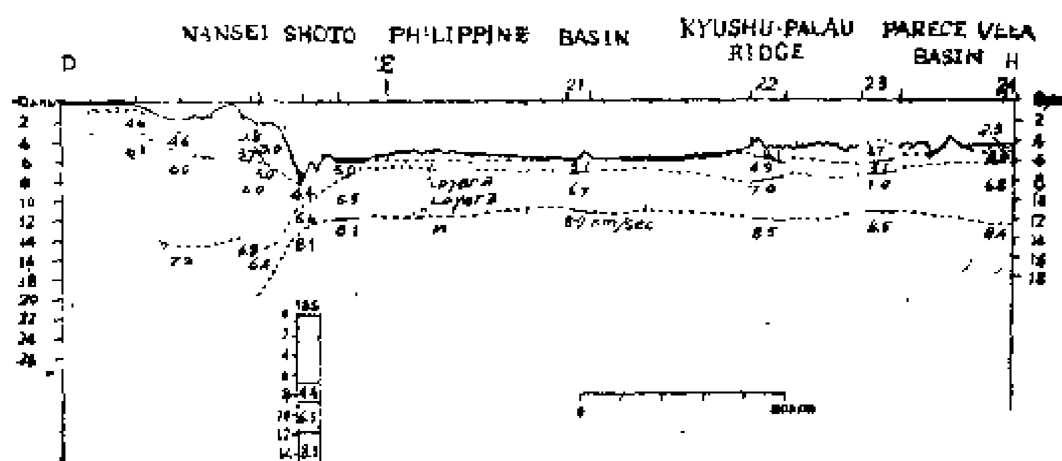
太平洋及非律賓海之熱流經過英國之斯克刋蒲斯海洋硏究所及拉孟特地質觀測所，日本東京大學地震研究所及舞鶴海洋研究所測定，資料



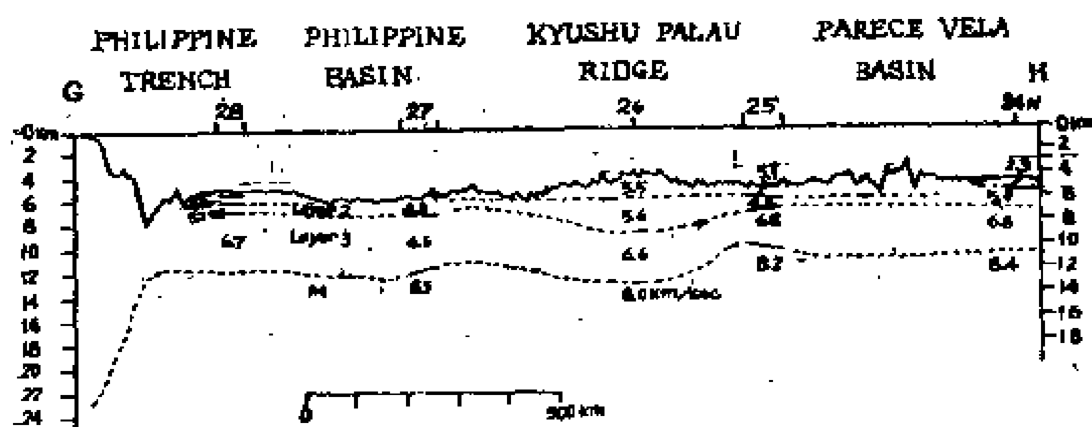
第九圖　地震波反射剖面及震測線之位置圖。等深線以公尺(m)表示。等深線圖由日本海圖所繪製。CR爲Glomar Challenger號之測站〔Gaskelt et al., 1958, Murauchi et al., 1963〕



第十圖　由東中國海之大陸棚至菲律賓海，再向東方之北西太平洋海盆 (North west Pacific Basin)之剖面（即D E F 剖面）地質構造剖面圖〔Murauch et al.,1968〕



第十一圖　由東中國海之大陸棚至 Parece Vela 海盆之D E H剖面之構造剖面圖〔Murauchi et al., 1968〕



第一二圖　由菲律賓海溝至 Parece Vela 海盆之GH 剖面之構造剖面圖〔Murauch, 1968〕

菲律賓海與太平洋海底地殼之比較表〔Murauchi et al., 1968, 改形〕

	第二層波速 (km/sec)		厚度 (km)		第三層速度 (km/sec)		厚度 (km)		地套速度 (km/sec)	
	菲律賓海	太平洋	菲律賓海	太平洋	菲律賓海	太平洋	菲律賓海	太平洋	菲律賓海	太平洋
平均 (Average)	4.35	5.02	1.27	2.05	6.70	6.73	4.29	5.08	8.23	8.21
標準偏差量 (Standard Deviation)	0.18	0.63	0.30	0.50	0.10	0.25	0.80	1.72	0.15	0.18
數目 (Number)	7	14	7	12	9	16	8	9	8	9

次第增加。第十三圖、十四圖及十五圖乃T.Watanabe, Bavid Epp, S. Uyeda, Uarcus Langseth 及M. Yasui將此等資料以符號及熱流量之單位數字表示者。如圖上所示，菲律賓海之熱流分佈比其東方之太平洋之熱流分佈高許多。

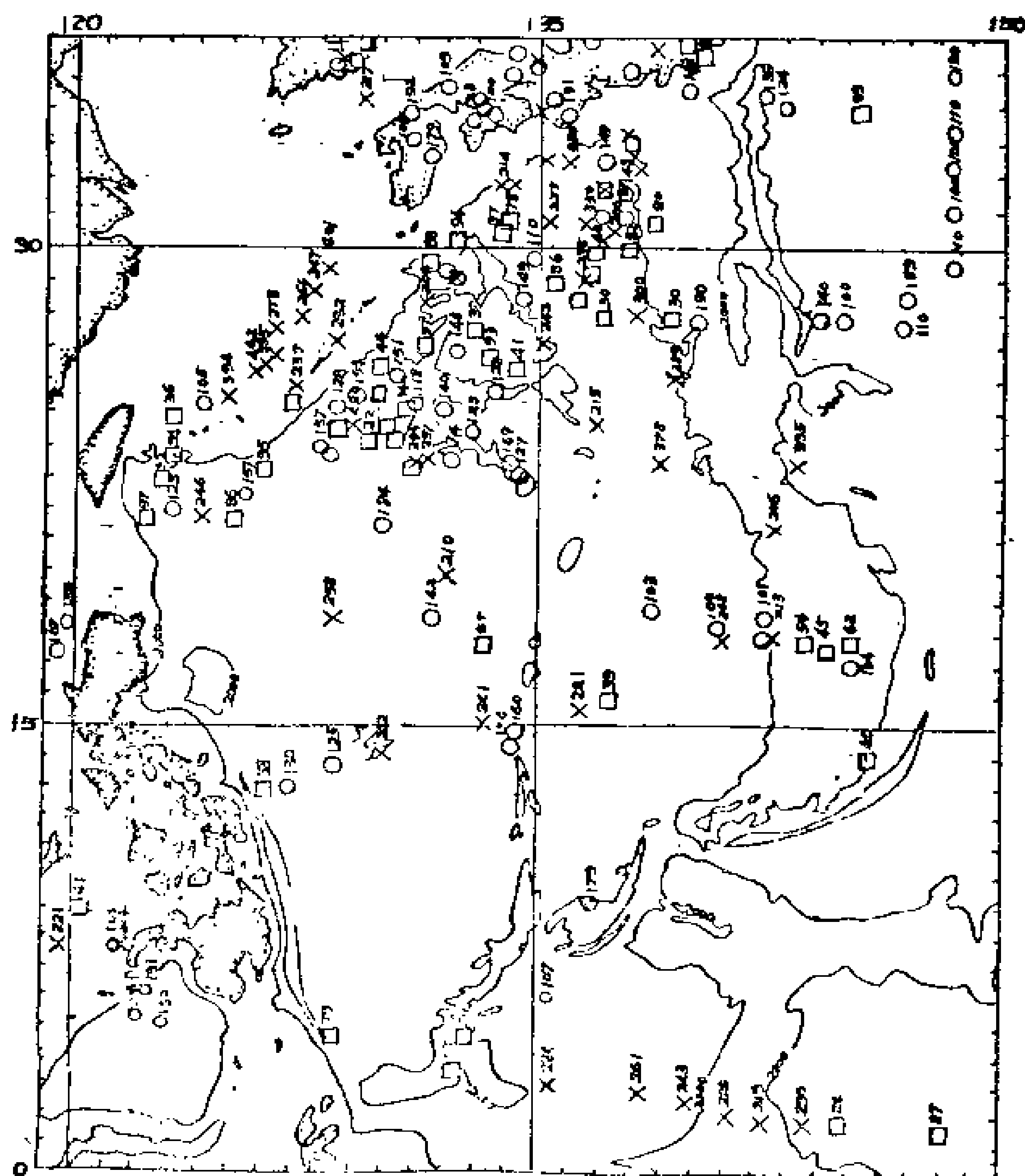
菲律賓東方之太平洋熱流完全與海底擴大學說配合，中央太平洋脊熱流値較高，而向西逐漸降低，一直至菲律賓海之東側。此間熱流質分佈甚爲有規律而單純。由十三及十四圖知菲律賓海熱流質自東向西逐漸增加其熱量而非減少熱流值，故菲律賓海並非太平洋之一部分。

4. 菲律賓海之重力異常：

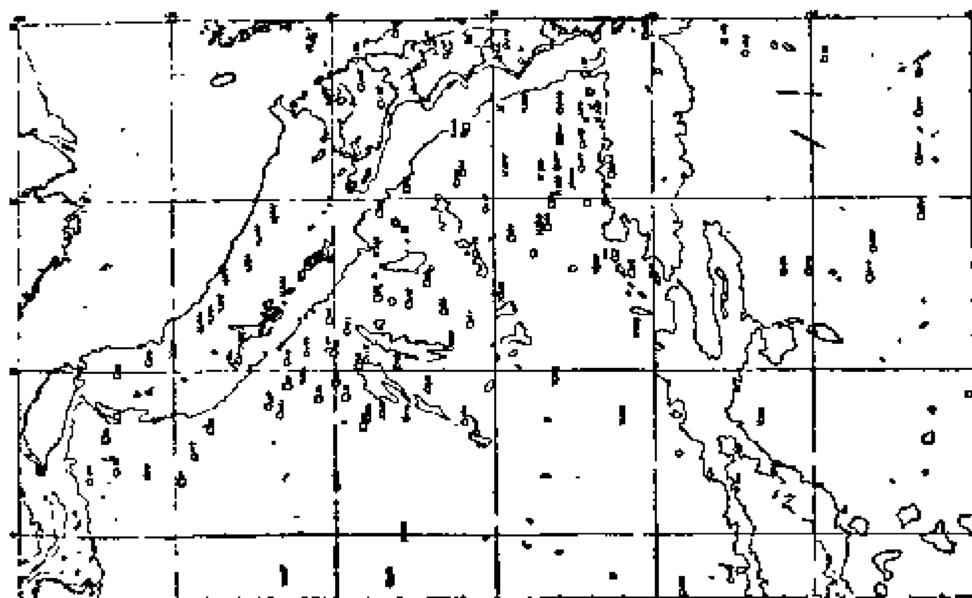
從第十六圖可知太平洋重力高度異常與菲律賓海有相當顯著的差異。即以菲律賓海東緣之島弧列爲界，其東側之 free-air anomaly 値在－2 mgal以下，而其西側之菲律賓海＋2 mgal以上者居多數。故知菲律賓海地殼並非太平洋地殼西方延長部，而屬於本質上不同之另一種地殼。

5. 菲律賓海地殼之古地磁：

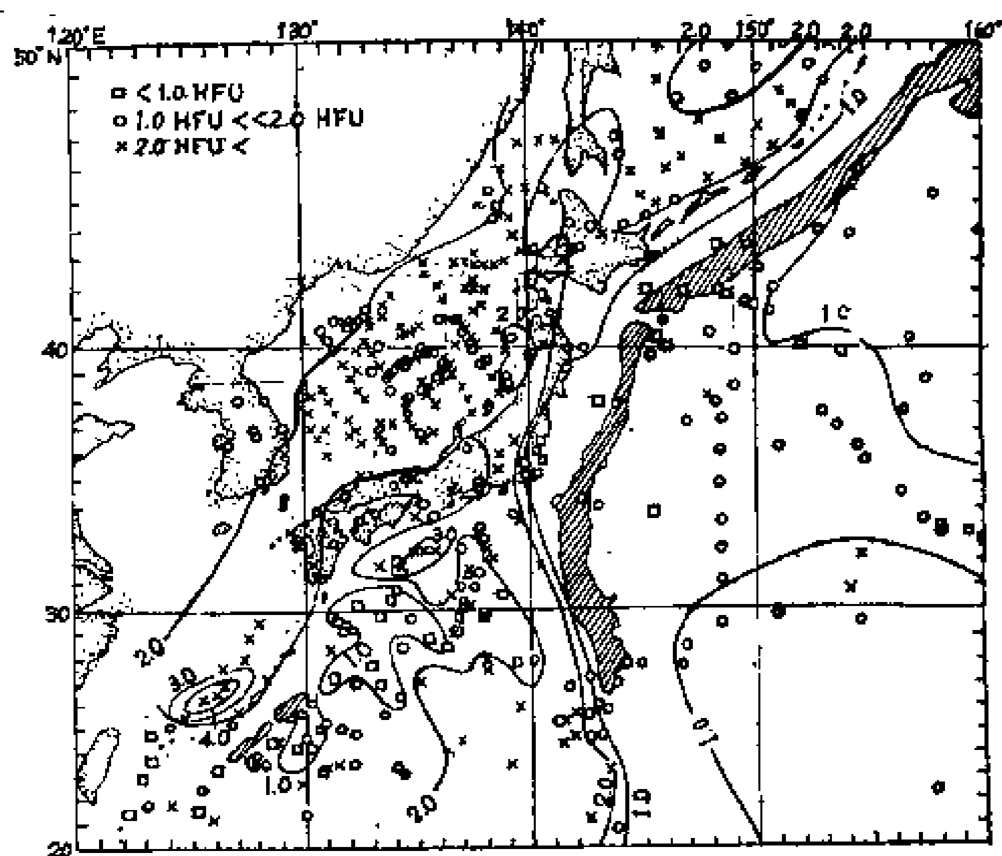
東太平洋、北太平洋、南太平洋均呈如圖十七、十八、十九之縞狀模様之正逆古地磁方向之排列狀態。惟太平洋之中心，有所謂「達爾文海澎（Darwin's Swell, Darwin Rise ）」之大構造複晉，使此等



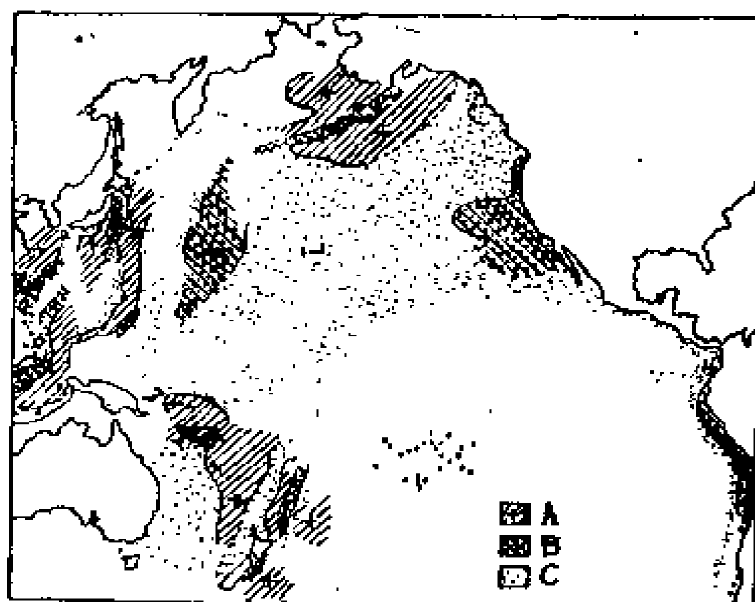
第一三圖 菲律海中之熱流。□：1.0 HFU 以下；○：1.0 HFU 與 2.0 HFU之間；×：2.0 HFU以上〔T. Watanabe et al, 1970〕



第一四圖　菲律賓海北部之熱流資料。□：1.0 HFU以下，O:1.0HFU 至 2.0 HFU之間；×：2.0 HFU以上（T. Watanabe et al, 1970）



第一五圖　太平洋西北部及律菲賓海北部等地之地殼熱流量（數值爲HFU單位）（Horai & Uyeda, 1969）



第一六圖　太平洋海域及菲律賓海之重力高度異常 (Free-air Anomaly) 之分佈〔Woollard & Strange, 1962〕 A:＋20mgal以上部份； B.－2mgal 以下部份；C：無顯明傾向之部份。

地磁縞狀紋樣方向發生變化如第十九圖，而此海膨西端進入菲律賓海之中。

惟菲律賓海全面海底岩盤之熱殘留古地磁之測定僅限于狹小地區，而作為進一步之科學理論之倡立，時期尚早。

6. 非律賓海與地震：

非律賓海之地震發生於其邊緣部，見圖二十及二十一，在其東緣之海溝系、島弧列上及島弧下之班尼奧夫面以及西緣之西南日本弧、琉球弧、台灣、呂宋弧及非律賓斷裂帶有震源之集中帶。但非律賓海之中央主要部分却幾無震源分佈，中央海盆斷層亦無震央分佈。

以上事實證明非律賓為一獨立之片體，而其周緣部普遍為帶狀之變動帶，但非律賓海中心部本體却如地盾、地基或地台之安定區。圖二十二為非律賓海之震央分佈，地震發生機構及震動方向之綜合表，圖二十三為非律賓海東緣之標準班尼奧夫帶及其震源之分佈情形。

因此可以斷定非律賓海之本體無活動中之中洋脊、換形斷層、活斷層、活褶皺、活海底火山等之變動區存在。

7. 非律賓海與火山．

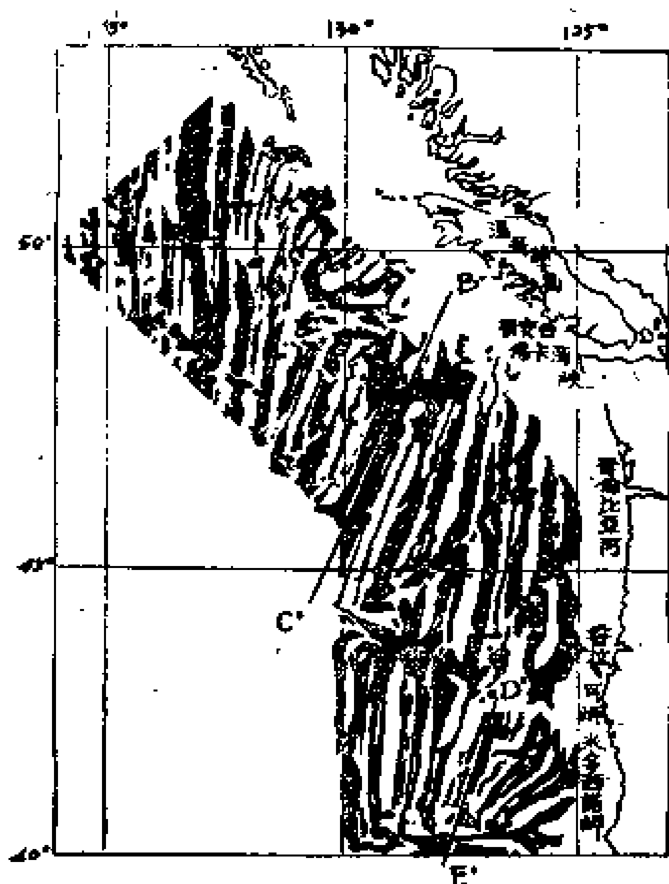
如圖二十四，「環太平洋火山帶」應由環太平洋火山帶及環非律賓海火山帶組成。

在非律賓海，除其周圍之島弧羣有火山活動外，JOIDES 計劃所採取之非律賓海中之岩心有海底火山所噴出之岩石存在〔上田，1970〕。關于非律賓海中及其周緣之火山活動情形，無法詳述。至目下為止只能說伊

豆、小笠原—馬里亞納—雅浦—帛琉之西菲律賓海火山帶，將廣義之太平洋劃分爲菲律賓海及眞正之太平洋兩個單位。

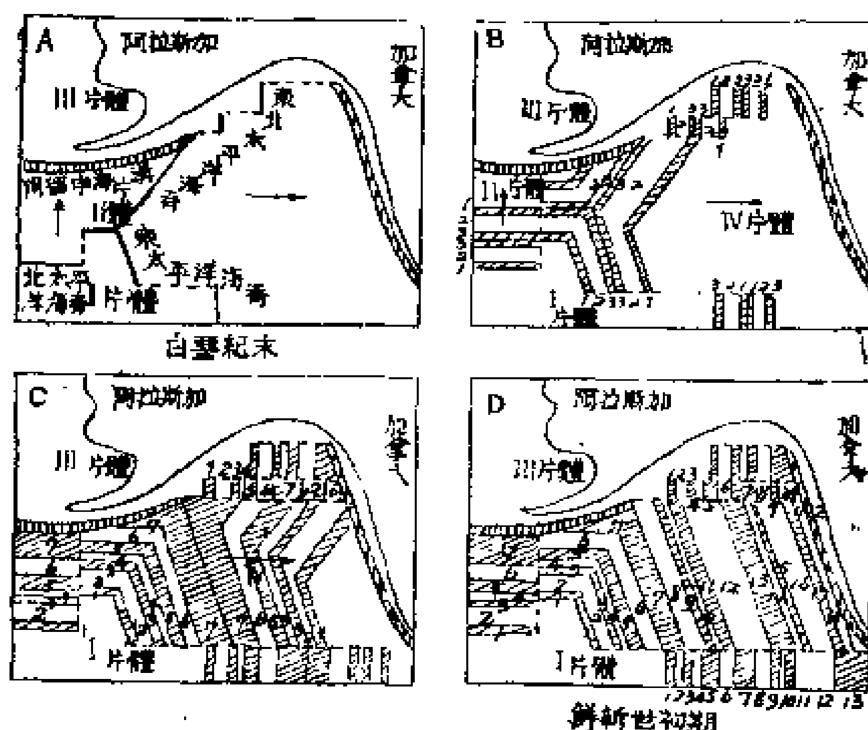
五、菲律賓海之海洋地殼說

上述幾項均說明菲律賓海爲古期之陸地，因沉沒於海中所「海洋化」之種種事實與理論。但學者之中亦有主張菲律賓海之海底地殼爲海洋地殼或大陸地殼已破碎而變成海洋地殼者。亦有人主張菲律賓海爲獨立之一海洋，位於島弧西側，故與日本海、中國東海、飛枝海盆同樣，屬一個緣海。亦有學者認爲菲律賓海之成因爲由海洋底擴大結果，曾經在大陸邊緣之島弧，向東乃至向南移動而成爲邊緣海者。



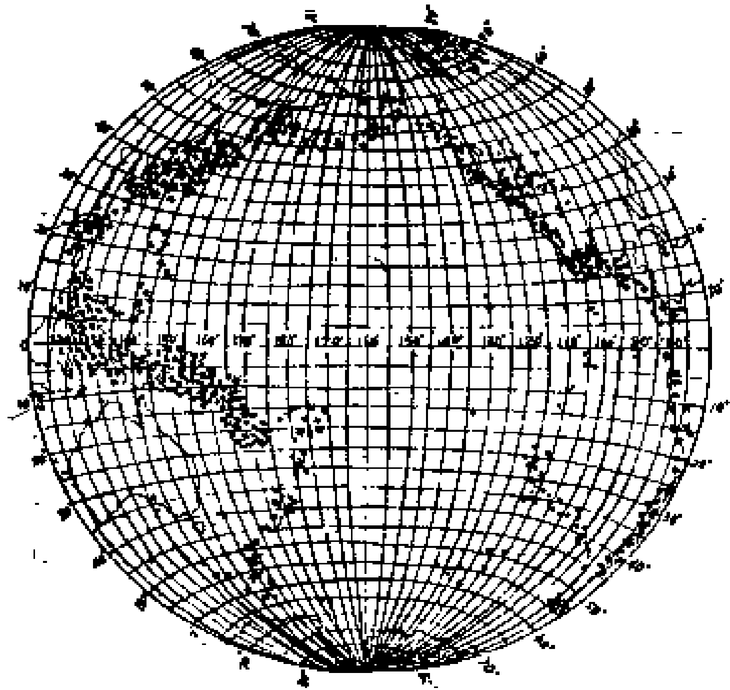
第一七圖 因海洋之向中央脊兩側逐漸擴大，太平洋底基性火成岩之古地磁正逆編亦呈美麗之縞狀紋樣，正向（或稱「正異常」）部分乃黑色部分，負向（即「負異常」）部份爲白色部份。上圖爲1959年斯克利浦斯海洋研究所之 R. Mason, S. Raff 之調查結果（1961年發表），圖中之 B'C',D'F' 爲中央脊，其兩側有對稱發育， C'B' 與 D'F'間有亞東西向之換形斷層，使太平洋中央脊轉位。

海洋底擴大學說之立場認爲四國海盆及西馬里亞納海盆似爲依海洋底擴大所形成之海洋；而其形成之中心爲兩海盆中央之南北向之地溝，似相當中央海嶺。此等地溝之不排列爲一直線者，因換形斷層截斷轉移之關係。琉球海溝及菲律賓海溝乃海底物質潛入地套之入口，但菲律賓海之海洋地殼說之學者數目甚少。

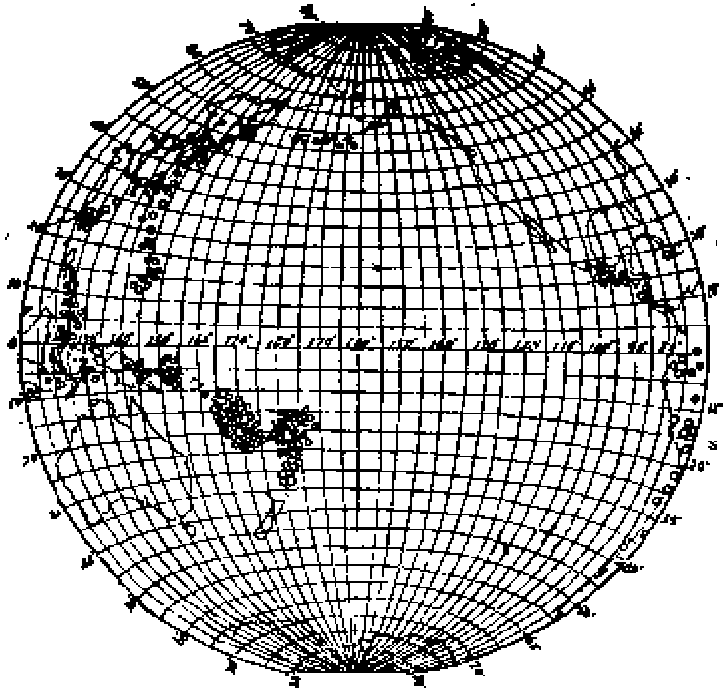


第一八圖 北太平洋底岩石之熱殘留地磁之縞樣形成程序圖。1,2,3,4……爲由古至新之古地磁岩帶之新舊順序。上圖之縞狀紋樣發達之順序爲A→B→C→D→。(W. C. Pitman)

第一九圖 達爾文海丘(Menard, 1964)與太平洋古地磁縞狀紋樣之分布(Heirtzler et al., 1968; Uyeda et al., 1967)。虛線表示達爾文海丘(Darwins Swell，即達爾文海嶺)之古等深線，短平形實線爲地磁縞狀構造。



第二〇圖 太平洋及其四周之淺發地震分佈圖 [Gutenberg & Richter,1949,1954]

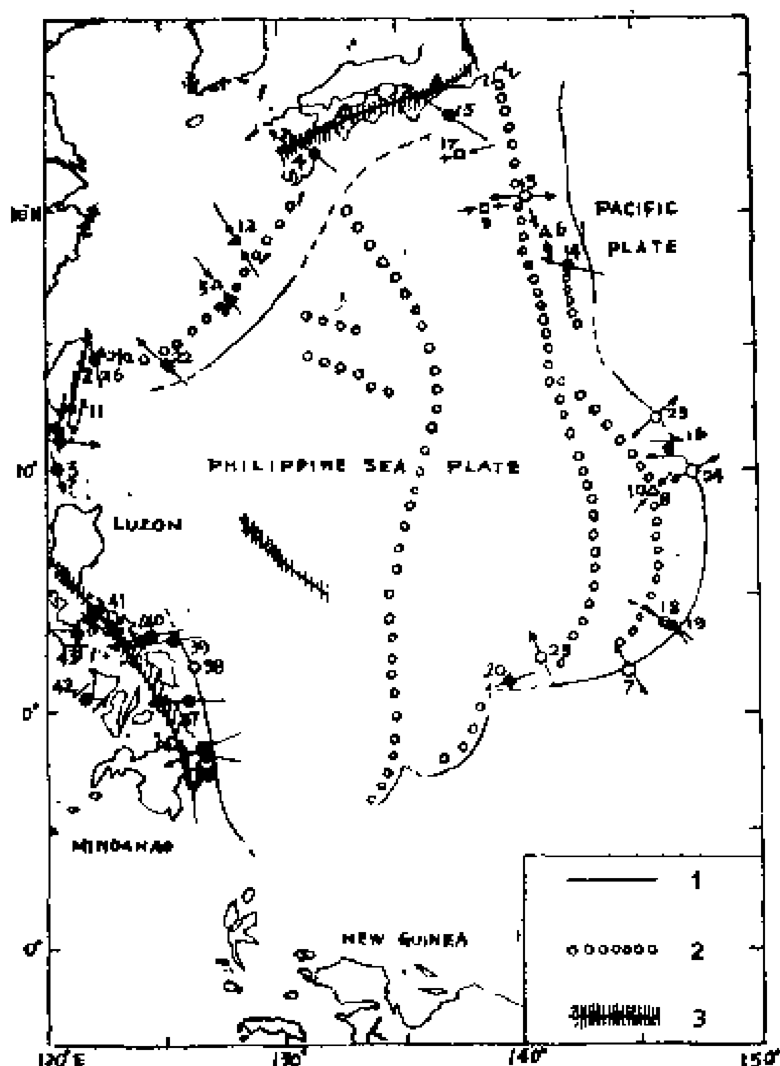


第二一圖 太平洋及其四周之中發地震及深發地震分佈圖 [Venig-Meinesz 1964等，南上山、杉村，1971]

六、菲律賓海與台灣之地質

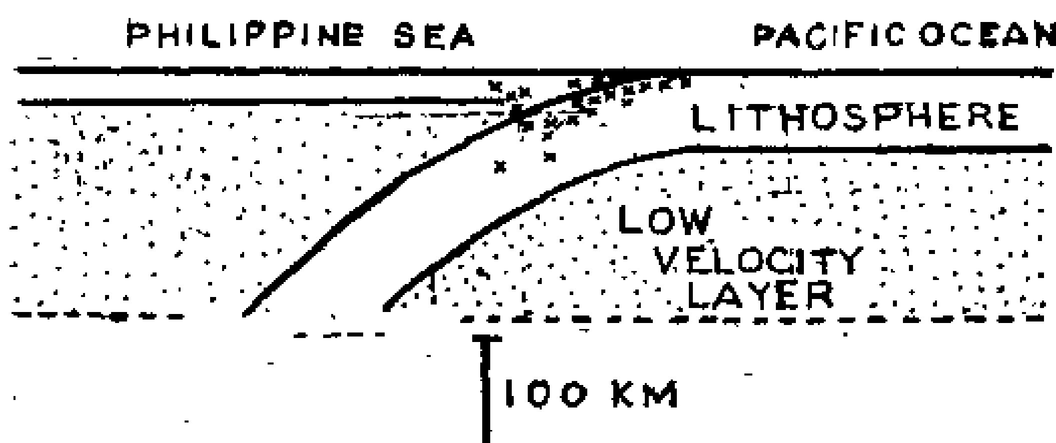
台灣東部呈斷層海岸，台灣本島東側之陸地一部份因斷層作用，掉入菲律賓海中。故台灣東部海岸並非大陸之東端。此等斷層作用主要發生於第四紀更新世間，而台東縣長濱鄉八仙洞之海蝕洞羣乃更新世晚期（或中期），斷層作用發生後，逐漸隆起而被海蝕作用所搬播之新舊海蝕洞。換言之，我國大陸之亞洲大陸地殼繼續延續至台灣東海岸東方之海（菲律賓海）中。

筆者近幾年來，受行政院國家科學委員會之研究費補助下，研究海岸山脈及中央山脈中段之地質研究，其目的之一乃尋找古第三紀及中新世早期，菲律賓海尚為陸地時，供應此等地方之碎屑物材料與古流系之正確方向，以及追溯台灣構造運動之形式、運動各幕與華東古陸地之關係等，此外花崗岩



第二二圖 地震發生機構及震動方向之綜合圖〔Katsumata & Sykes,1969〕
空圓：帶正斷層之淺發地震
黑圓：帶逆上斷層及走向移動斷層之淺發地震
三角形：中發地震
四角形：深發地震
1.海溝軸；2.島弧及海底山嶺；3.主要斷層

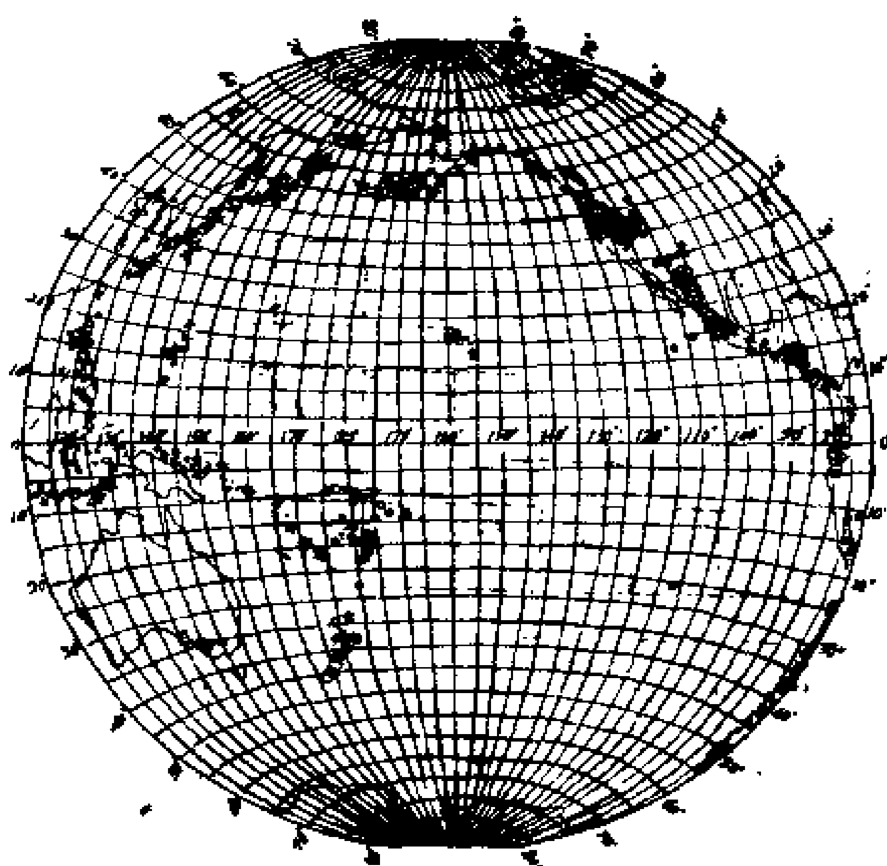
在九州一帛琉海嶺發現，這是經由① DS-DP (Glomer Challenger)探勘船②日本東海大學海洋探勘船③日本東京大學海洋探勘船④蘇聯探勘船所探勘之結果，更證明菲律賓海板塊爲大陸地殼，進一步者俟研究完成後詳細報告。



第二三圖　於菲律賓海之東緣，地震發生於島弧列下之班尼奧夫帶(Benioff Zone)。〔K. Abe & H. Kanamori, 1970 根據 Katsumata & Sykes1969及 Ishida, 1970之資料所繪〕×：震源

七、菲律賓海之構造運動

菲律賓海海底地質之詳細層序尚未了解，故討論該海之構造運動時期尚早。惟該海既供應震旦紀之正石英岩及前震旦紀（？）之花崗質岩於其周緣之四萬十帶沉積區，因此可能經過古生代以來之加里東運動、海西寧運動、越



★ 活火山，★ 休火山，○ 死火山，主要新生代火山岩

第二四圖　太平洋及其四周之新期火山分佈圖〔Vening-Meinesg, 1964〕

南運動、燕山運動、喜馬拉雅山運動等。但此等構造運動中僅限於記錄于其周緣之島弧等陸地上者可以把握到，至日下爲止在菲律賓海周緣之陸地上可見到之該海片體之構造運動有四期：

4.島弧變動或東寧運動（台灣，林朝棨命名），時代以第四紀爲主；

3.綠色火山灰變動或埔里運動（台灣，張麗旭命名），時代爲新第三紀期；

2.小笠原一帛琉變動或太平運動（台灣，顏滄波命名）；時代爲古第三紀之始新世早期與中期之間；

1.白堊紀晚期一古第三紀早期之變動或南澳運動（台灣，顏滄波命名），時代爲台灣碧候層堆積以前；

以上四期與菲律賓與華東古陸地有關之構造運動，因篇幅關係，此處不能詳論。惟此變動見於西南日本弧、琉球弧、台灣島、呂宋弧、伊豆一小笠原弧毛帛琉弧之島弧列。

菲律賓海基盤（華東古陸地）之間歇性下沉與其構造運動直接影響其周圍陸地之運動與變質作用甚大，同時促進其火山活動及地震作用。惟東方外洋島弧之火山及地震，係由其一連續之班尼奧夫面之磨擦運動等所促成，而帶有中發及深發地震。如此菲律賓海之形狀與成因似與白令海、鄂霍次克海、日本海、東海、南海之大陸緣海相似。

八、結論

菲律賓海之地殼、地形、地質、地質構造、地球物理性均極複雜，區域廣大，海域及其四周陸上之研究尚未臻完善，故其特徵尚未完全被闡明，惟依目前之資料，此海過去曾爲一古老之陸地，而向其四周之堆積區供應碎屑物。至新生代中新世早期後，本陸地完全沉沒于海底下，成爲海域，而不再露出地表。即所謂「大陸之海洋化」現象。此古期之失地暫稱爲「華東古陸地」，而日本學者却稱其爲「南方陸地」。

關于「華東古陸地」是否曾存在，構成地質之種類、時代及分佈、地質構造、沉沒爲海域之正確時代、沉沒之原因等，必須等待各國地質學、地球物理學及海洋學者之詳細調查探測，始可解決。

只希望國內學者勿輕言非律賓海於地質學上為太平洋之一部份，而依照海底擴展學說之程序形成。因上列資料顯示，太平洋與非律賓海之成因不同，前者依海底擴展形成，海底擴大又依地套物質循環所促成，而非律賓則如千島舟狀海盆、日本海盆、東中國海盆、南中國海盆等大陸緣海，似為亞洲大陸西方延伸部份之陷沒海洋化者。故太平洋海底地殼物質之再度向地套潛入處為千島一勘察加海溝、東北日本海溝、伊豆一小笠原海溝、馬里亞納海溝、雅浦海溝、帛琉海溝等之一連續海溝列，而其成因爲地套物質之收斂向下流動所形成；惟西南日本海溝、琉球海溝及非律賓海之台灣海溝似由華東古陸地之構造運動為主因，即與台灣本島東北東方之沖繩海槽及台灣東部斷層海岸同樣，依斷陷所形成。

蓋非律賓海為我國之門前庭院，與我國有極密切之關係，希望國內學者積極與外國學者携手研究，將此海之探查加以重視。

參考文獻

Abe Katsuyuki and Hiroo Kanamori, 1971: Upper Mantle Structure of the Philippine Sea; Island Arc and Ocean, pp. 85-91

青木斌，1968: 久野久の論文への回答と再檢討；地球科學Vol. 22, pp. 195-199

青木斌，1970a: 深海地質學第三篇海底山脈と海山；海洋科學基本講座 8, pp.223-289, 日本東海大學出版會

青木斌，1970b: 伊豆ー小笠原ーMariana 弧の火成活動；島弧と海洋，pp. 129-135

青木斌，1970c: 海洋化作用の若干の實例——四國 Philippine 海盆之成因——；海（日法海洋學會誌）No.8; pp. 50-51.

青木斌、伊東正喜，1968: 海洋地域の岩石——I、高 alumina玄武岩：地球科學Vol.22,No. 1, pp. 24-31

鍾振東，1973: 臺灣東部非律賓海盆之海底地質；鑛業技術Vol.11,no.6 pp.2-9

Dietz, R.S, 1954:Marine Geology of Northwestern Pacific: Desc-

ription of Japanese bathymetricchart 6901. Bull. Geol. Soc. Amer, Vol. 65, 1199

Dietz, R. S, 1961: Continent and ocean basin evolution by spreading of the Sea floor; Nature, 190; p.854

Epp, D, M. Yasui, T. Watanabe and W. J. Ludwing, 1970: Heat Flow in the Philippine Sea; M. S.

Ewing, Jy M. Ewing, T. Aiken and W. J. Ludwing, 1968: North Pacific Sediment by Layers Measured Seismic Profiling, The Crust and Upper Mantle of the Pacific Area; Geophys. Monograph 12, Amer, Geophys. Uni., pp.147-173

Harata, T., 1965: Some Directional Structures in the Flysh-like Beds of the Shimanto Terrain in the Kii Peninsula, Southwest Japan; Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, Ser. B, Vol, 32, No.2, pp. 103-176

原用哲朗、鈴木博之、寺島英志、德岡隆夫，1967: 紀伊半島四萬十累帶の研究(其一)——本宮町、中邊路附近の牟婁層羣；地球科學，Vol. 21, No.6, pp. 1-6

Hess, H. H., 1948: Major structural features of the western North Pacific, an interpretation of H.O. 5485, bathymetric chart, Korea to New Guinea; Bull. Geol. Soc. Amer., Vol.59, p.417

星野通平，1962: 太平洋：地學叢書No.18, pp.1-137

星野通平，1970: 深海地質學第一篇大陸斜面；海洋科學基本講座 8, pp. 3-143, 日本東海大學出版會

藤田至則；1970: 北西太平洋の島弧周圍における造構運動の type とそれらの相對性；島弧と海洋 pp. 1-30, 東海大學出版會

Ishida, S., 1969: Wano formation (Eocene) in Amami-Oshima, Ryukyu Islands; Jour. Geol. Soc. Japan, Vol.75, pp.141-156

岩淵義郎，1970: 深海地質學第二篇海溝；海洋科學基礎講座 8, pp.147-

220, 日本東海大學出版會

Katsumata, M. and L.R. Sykes, 1969: Seismicity and tectonics of the western Pacific; Izu-Mariana-Caroline and Ryukyu-Taiwan Regions; J.G.R. Vol.74, pp.5923-5948

甲藤次郎、有田正史，1966: 室戸半島の地質（其一）；高知大學學術研究報告，Vol.15, 自然科學 I. No.8, pp.1-5

Kimura, T., 1966: Thickness Distribution of Sandstone Beds and Cyclic Sedimentations in the Turbidite Sequences at Two Localities in Japan: Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, Vol.44, pp. 561-607

紀州四萬十帶團體研究 group, 1968: 紀伊半島四萬十累帶の研究（其二），研究の現狀と南方陸地の存在に關する一試論一：地球科學，Vol.22, No.5, pp.224-231

Kimura, T., 1969:紀伊半島南部海岸地域の層序と構造一紀伊半島四萬十累帶の研究（其三）一；和歌山大學教育學部紀要，自然科學第 19 集，pp. 19-29

小林和男、佐藤任弘、伊勢崎修弘，1971: 西太平洋の海底；科學 Vol. 41, pp.209-220

Kuno, H., 1960: High alumina basalt; Jour. Petrol., Vol.1, pp.121-145

Kuno H., 1965: Fractionation trend of basalt magmas in lava flow; op. cit., Vol. 6, pp.302-332

Kuno H., 1966 : Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs; Bull. Volcanol., Vol.29, pp. 195-222

Kuno H., 1967: Volcanological and Petrological evidences regarding the nature of the upper mantle. The Earth's Mantle; edit by T.F. Gaskell, Academic Press, London, pp. 89-110

Kuno H., 1968a: Differentiation of basalt magmas; The Polderva-

art Treatise on Rocks of Basaltic Composition, edited by H.H. Hess and late A. Podervaat, John Wiley & Sons, N.Y.

Kuno H., , 1968b:青木、伊藤著『海洋地域の岩石，I、高alumina玄武岩』の論文に對るす討論；地球科學Vol.22, pp. 195-197

林朝棨，1971；臺東海岸山脈之第四紀新造山運動；行政院科學委員會年報〔節要〕

Ludving, W.J., D.E. Hayes, D.E. and J.I. Ewing, 1967: The Manila trench and west Luzon Trough, Deep-Sea research, Vol, 14, pp. 533-560

Marshall p., 1912; Oceania, Handbuch der regionalen Geologie 7. pt.2

松田時彥及上田誠也，1970: 太平洋型造山作用—Paired belts概念擴張と緣海の成因等—；島弧と海洋，pp.41-59, 東海大學出版會。

松本達郎，1971: 白堊紀；改訂新版地史學上卷，pp.137-148

Menard, H.W., 1964: Marine Geology of the Pacific; Mic Graw-Hill, N.Y.

茂木昭夫，1969: 西太平洋緣海の海底地形；海（日法海洋學會誌）,Vol. 7, No.3, pp.31-41

茂木昭夫，1970a: Philippine海との關連から見た西南日本海溝；島弧と海洋，pp.139-148 東海大學出版會

茂木昭夫，1970b: Philippine 海の海底地形，地學雜誌 Vol.79

Morova, N.A., 1963: Geomorphology of the area of the Philippine Trench; Deep Sea Res., Vol.11, pp.839-844

Murauchi, S., N. Den, S. Asano, H. Hatta, T. Yoshii, T. Asanuma, K. Hagiwara, K. Ichikawa, T. Sato, W.J.Ludwig, J.I. Ewing, and N.T. Edgar, 1968: Crustal Structure of the Philippine Sea; J.G.R., Vol.73, pp.3141-3171

Pichon, Xavier Le, 1968; Sea Floor Spreading and Continental Drift; J.G.R. Vol.73, No.12, pp.3661-3697

Raff, Arthur D., 1968; Sea-Floor Spreading — Another Rift; J.G. R. Vol.73, No.12, pp. 3699-3705

Santo, T.A., 1961: Division of the Southwestern Pacific area into seven regions in each of which Rayleigh waves have the same dispersion charactor; Bull. Earthq, Res. Inst., Vol. 39, p.603

三東哲夫，1970：西太平洋の海底；奈須等編

佐藤任弘，1969：海底地形學；ラティス，東京，pp. 1-191

Schmidt, R.G. 1957: Petrology of the Volcanic Rocks, Geology of Saipan, Mariana Islands; Geol Soc. Amer. Prof. Pap. No. 280-B-D, pt, 2, pp.127-174

合討論，1970，島弧と海洋，西南日本弧とPhilippine 海；島弧と海洋 pp.211-227 東海大學出版會

周藤賢治，1969: 久野、青木（謙）、倉澤等の論文に對する討論——第三紀の「高alumina 玄武岩」を例にして——地球科學，Vol.23,pp. 15-17

首藤次男，1963: 日南層羣の地史學的研究—特に高千穗變動に就て—；九州大學理學部研究報告，地質之部，Vol.6, No.2, pp.135-166

Tayama, R., 1952：On depth curve chart of the adjacent seas of Japan (description of Japanese bathymetric chart 6901, in Japanese), Bull. Hydrogr. Office Japan, No.32, p.160

Tokuoka, T., 1967：The Shimanto Terrain in the Kii Peninsula, Southwest Japan-with Special Reference to its Geologic Development Viewed from Coarser Clastic Sediments — ;Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ, Ser. Geol. and Miner., Vol.34. No. 1, pp. 35-74

Tokuoka T., 1970：Orthoquartzite Gravels in the Paleogene Muro Group, Southwest Japan; Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser, Geol, and Miner., Vol.37, No.1, pp.113

友田好文，1970: 西太平洋の海底；奈須等編

上田誠也，1971: 新しい地球觀；岩波新書 779，pp.1-197（盧秀如譯，

1972：新的地球觀：商務印書館，新科學文庫 pp.1-141

上田誠也及杉村新，1971a：「世界の變動帶」序言；科學，Vol.41,pp. 170-171

上田誠也及杉村新，1971b：弧狀山脈，岩波書店，現代科學選書 pp. 1156

Watanabe, T., B. Epp, S. Uyeda, M, Langseth and M. Yasui, 1970: Heat Flow in the Philippine Sea: Island Arc and Ocean, A. Symposium, pp, 61-83

Watanabe, T. 1970: Some Measurements of Heat Flow in the Philippine Sea; Bull. Earthq. Res. Inst.

山田利三郎，1950: 四國沖の海底地形，特に大陸斜面の形態について；島弧と海洋，pp.93-108, 東海大學出版會

寺井敏冠、田望、堀田宏、坂尻直巳、村內必典、淺沼俊夫、秋山純、渡邊暉彥、石井晴雅、服部陸男、W.J. Ludwing 及 J.I. Ewing, 1970: 土佐海段——南海舟狀海盆の地殼構造について；島弧と海洋，pp. 93-108, 東海大學出版會

Yen, T.P., 1958: Major structural features of Taiwan Mining industry, Vol.10, No.3, pp.10-14.

Yen, T.P., 1963 :Major geological, geophysical and geochemical features of Taiwan, op. cit., Vol.15, nos. 3-4

台灣的海埔地概況

顏耀霖

一、緒言

本省土地資源有限，而人口的增殖無窮，人口的密度佔世界首位。近幾年來，由於經濟的迅速發展，工業突飛猛進，使可利用的土地益漸狹小。如何以有限的資源，供應無窮的人口增殖的需要，就必須研究如何計劃開發土地資源，使地盡其利，有益民生。

本省面積雖小，但仍有許多地方未開發，為了增加土地利用，除了墾殖山坡地外，尚可利用本省四面環海的環境，加強海洋的開發——海埔地的開發與利用。〔本省土地資源總面積祇有 35,961 平方公里，約合 3,707,658 公頃。已開墾為農地利用佔百分之二九．〇，尚不及全部土地總面積⅓；但山林地與草生地，共佔全部土地總面積 63.60%，約佔全部土地的總面積⅔，尚待開發利用。〕

二、內容

㈠海埔新生地一辭，一般而言，係指沿海岸一帶因泥沙淤積或其他原因使灘地增高，在高潮時淹沒，低潮時露出水面之陸地。簡言之，海埔地乃介於高潮位與低潮位間之灘地，完全受到潮汐進退之影響。

根據"台灣省海埔地開發處理辦法"第二條規定：「本辦法所稱海埔地，為低潮線以內經自然沈積或施工築堤，涸出之土地。前項海埔地由主管機關會同有關機關測定之。」民國五十八年年度，省政府報奉行政院核定「海埔地範圍界限劃定原則」一種，內容如下：

(A)海埔地之定義：凡低潮線至現有堤岸間之灘地，稱為海埔地。

(B)海埔地之界限與範圍：

1.沿河川海口處，以治理計劃線或堤防預定線以外者為海埔地。河

口治理計劃尚未劃定者，應與省水利局商定之。

2. 在鹹水湖地區，則至湖口兩側平行於堤岸線以外之部份為海埔地。

3. 有離岸沙洲之地區則以原堤岸以外為海埔地。

4. 在海埔地內原已登錄有案之土地及保安林地暨已造林且將來必須編入保安林之海岸林地，仍應保留其原有權利。

(二)台灣係一狹長海島，東海岸濱臨太平洋，多是陡直岩壁，西海岸則濱臨淺海，岸線平直，海灘遼闊，因大陸漂移，海岸隆起，河川上游泥沙沖積，以及沿海潮汐與風浪等原因，形成廣大之海埔地。將其原因簡述如下：

(A)隆起型的海岸：

台灣西海岸濱臨台灣海峽、淺海、海岸平直而單調，海埔沙灘遼濶，此種海岸稱為隆起型海岸。根據馬廷英博士於民國四十六年十月發表之專門論文："西太平洋海水面變動之原因"內載。根據亞洲大陸太平洋海岸之實地觀測及各地長期潮位記錄，顯示亞洲太平洋一帶之地殼，每百年以十七公分之速度逐漸隆起，馬氏復根據其多年研究主張之"地球剛體外殼突然滑動學說"與"大陸漂移學說"證其隆起之因，文中並引證B.Gutenbery 氏之計算謂：台灣西海岸在高雄每百年可上升25 公分，在基隆每百年可上升11 公分，西海岸平均每百年可上升18 公分。周瑞燉教授亦引證西海岸的珊瑚礁升上陸地是為證據之一。

(B)河川泥沙之沖積：台灣在地形上是位於東南亞褶曲帶上之弧形島嶼、山高、河流短而湍急，加以土質多為礫石或頁岩，質地鬆軟，易受風化。倘受暴風雨，則成洪水，河川即挾沙順流而下注於海，逐漸沉積河口。西海岸河川大小百餘，較著名者有12 條溪，其中以濁水溪流量最大，含沙量亦最多，根據水資源統一規劃委員會非正式之估計，濁水溪每年向西輸入海埔地之泥沙量約 5715×10^{6} 公噸，約為21,500,000 立方公尺。新竹頭前溪，每年入海之泥沙總量約有50～60 萬立方公尺，鳳山溪每年輸出泥沙量約為 10～20 萬立方公尺。

(C)潮汐與風浪的作用：

台灣西海岸，面對台灣海峽，西有大陸海岸，每日兩次潮汐所造成之潮差頗大。每遇漲潮，河口附近之泥沙，則順著潮浪方向沿海岸移動，在此漲潮與退潮過程中，常有一平衡時間，頓時由於潮水流動緩慢，致使水中泥沙逐漸沈積於河口附近，除此之外，受風浪影響，促使河口附近沈積之大量泥沙，再行漂移。台灣西海岸受風浪影響最大者有三：(一)東北季風，風力大、頻率高、時間長、方向固定。退潮時，强風吹動灘地飛沙、向西南散佈，故今日海埔地由東北向西南延伸。(二)西南季風頻率比東北季風弱，風速較小，時間短，漂沙作用不如東北季風，對海埔作用較小。(三)颱風，對台灣爲害最大，每成狂風暴雨，其經過時間之長短，與波浪及漂沙之關係甚大，故颱風對形成台灣海埔地之影響亦大。

(三)北自淡水河口，南迄屏東枋寮構造上屬於上升海岸，同時濱臨爲沖積平原，故幾乎純一色沙岸，這兩個因素組合，使得西部海岸一般水淺，又因大河流都在西部入海，故堆積地形特盛，如沙灘、沙洲、沙嘴、瀉湖乃至大規模的"海埔新生地"。

台灣海埔地之分佈北自桃園縣南崁溪，南迄高雄二仁溪止，全長約 282 公里，綿亙桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、雲林、嘉義、台南、高雄等十縣市。根據農復會 1955 年初步勘察，西海岸可供開發之海埔地，自大甲溪以南，迄曾文溪以北，共約 5,000 公頃，1957 年又測量新竹海埔地約 2,200 公頃，連同桃園、高雄等縣海埔地，總面積約爲 66,000 公頃，惟據目前較保守估計，台灣西海岸海埔地面積至少仍應爲 53,870 公頃。

台灣海埔地，根據海岸走向可分爲三區：(一)北區，其海岸爲東北走向，包括桃園、新竹、苗栗三縣。(二)中區，其海岸爲北北東向，包括台中、彰化、雲林三縣。(三)南區，其海岸爲南北向，包括嘉義、台南等二縣市，南區以南的高雄縣海埔地則較爲南南東向。

根據地形與河川的相互關係，台灣西海岸海埔地可分爲下列七區：

(A)北部海埔地：

自桃園縣南嵌溪以南至大甲溪河口以北地區屬之，包括桃園、新竹、苗栗三縣，面積有5,910公頃。其中頭前溪至塩水港溪河口之間，特稱爲新竹海埔地，平均寬度1.25公里，南北13公里，可開發面積約有1,600公頃，依地形及溪流劃分爲北區、中北區、中南區及南區四個區域，現已開發北區面積計413公頃，內包括實驗區89 公頃。

(B)台中海埔地：

自大甲溪河口以南至大肚溪以北地區屬之面積3,892公頃。本區位於台灣海峽潮差最大之處，季風甚强，中央爲台中港港區，港內漂沙甚劇，今台中港已擬議興建中，故本區海埔地大部份包括在內，並已築有南北兩防波堤。

(C)彰化海埔地：

自大肚溪（烏溪）以南至濁水溪以北地區屬之，呈長條形，平均寬約四公里，南北長約四十五公里，面積15,128公頃。本區潮差大，風浪强、土質在壤質沙土與粘質壤土之間，含塩量少。

(D)雲林海埔地：

自濁水溪口以南至三條崙以北地區屬之，面積7,593公頃，南北長二十公里，東西平均寬度約3.5公里土壤多砂土或砂質壤土，漂沙甚多，海埔地北部及南部均向外增加，而中部向內減退，海灘不甚安定。

(E)嘉義海埔地：

自三條崙以南至八掌溪以北地區屬之，面積13,109公頃，全區分爲鰲鼓，東石，新港及外灘四區，本區潮差風浪較小，海埔地區爲集中，中質土壤，適於開發且外側有統仙洲及外傘頂洲成帶狀分佈，向南伸展，形成天然防潮堤，有利將來防潮堤之保護。

(F)台南海埔地：

自八掌溪以南至曾文溪以北地區屬之，面積7,239，公頃，本海埔地計分爲曾文、七股、將軍及北門地區。本區土壤多屬砂質壤土，但因氣候及缺乏灌溉水源關係，以闢作魚塭較農田爲佳，現曾文海埔地，已經由台灣省土地資源開發委員會開發完成，全部作爲鹹水

魚塭。

(G)南部海埔地：

自曾文溪以南之海埔地屬之，其分布較爲零星，可分爲士城子，四草湖，四鯤鯓及新打港四港，全部面積 999 公頃，因地處內海，開發較易，適闢作魚塭或塩田。

三、海埔地開發利用現況

(A)開發技術：

海埔地開發是圍海築堤，防潮堤防之修築應爲開發海埔地之首要工作，修築堤防之位置、高度、斷面等與海流潮汐、波浪以及工程費用等因素有關。台灣海埔地開發，通常是沿靠原有海岸，以三面堤防所圍成一長方形居多，其高度至外堤爲最高潮位，氣象潮偏差，波浪高度及波浪湧升之和；在側堤爲洪水位、洪水與潮汐相遇時之背水高度及波浪高度之和，斷面則採大斷面緩度之設計。

土壤改良，爲海埔地開發完成後之重要工作，一般水稻，土壤塩分在 0.3% 以上即不能生長。海埔地農作物的生長與洗塩次數有關，故開發後的洗塩工作極爲重要。台灣的海埔地最低限度經四次洗塩工作後，方能墾田種植，多係先養魚、插蚵俟壤質變好，再行種植。

此外，開發完成後之海埔地，應辦理定砂與防風工作。前者常以杆插、稻草及樹枝等以減少砂粒移動飄飛或種植爬生草類、藤類等，如狗芽根、塩針草、雙穗雀稗，以阻止砂粒之吹起；後者則實施海岸造林，造林之成功與否又與定砂及洗塩工作有關，通常在實施造林前，必先培築植堤，使植堤內土壤塩分受雨水沖淋及地表水之適當洗滌，同時實施定砂工作，以免樹苗被風砂侵害。海堤爲潮水所及之地，應植耐強塩性之紅樹類如海茄、苳紅茄、玉蛟梨，不爲潮水所及之地，可種木賊、菜方苞、木麻黃等。

(B)開發沿革：台灣海埔地之開發或已有數百年之歷史，均係農民的零星開墾，大規模而有資料可查的，日據時代已完成的有民國卅年，

台灣拓殖會社及日本興業製糖會社開發完成雲林縣麥寮鄉崙背地方之崙背墾區 872公頃，34 年台灣拓殖會社開發完成崙背地區以西，崙背地干拓事業之農田1,700公頃。

民國45 年，台灣省地政局開始推行台灣西海岸開發海埔地之計劃。之後，政府機關迭有變動。50 年，行政院設海埔地開發規劃委員會，負責全國海埔地之統一規劃，52 年省政府成立海埔地規劃開發委員會，接管行政院海埔地開發規劃委員會之規劃及開展、開發業務，54 年，該會復與台灣東部土地開發委員會合併成立台灣省土地資源開發委員會，仍負責全省海埔地之規劃開發工作之責。

政府為加速海埔地之開發工作，根據海埔地之土壤、塩分、潮差、氣候及水利設施等，將全省西海岸海埔地劃撥台灣省政府 38,368 公頃，國軍退除役官兵輔導委員會1,600公頃，台灣製塩總廠2,650 公頃，台灣糖業公司11,252公頃，以供分別開發為水田、魚塭、塩田及蔗田之用。

(C)海埔地開發現況：海埔地之開發工作，自民國45 年，台灣省地政局籌劃開始，截至62 年，已開發完成4,196公頃包括新竹、彰化王功及漢埔、嘉義鰲鼓，以及台南曾文埔地，正在施工者有雲林台西、台南七股及布袋，面積27,476 公頃。（台西地區海埔地，已於民國64 年九月完工，正待申領中）。

1 新竹海埔地屬於北部海埔地，開發工作由行政院國軍退除役官兵輔導委員會主辦，以安置國軍退除役官兵從事農墾事業為目的。此海埔地的測量調查，始於民國46 年五月，由輔導會會同有關機構組隊辦理，同年九月完成初步調查工作，隨即研究規劃工作。北起新竹頭前溪口，南迄塩水港，依地形及溪流方向分為實驗區（北起港北溝河口，南迄客雅溪河口，南北長1,500 公尺，東西寬600公尺，面積89 公頃），北區、中北區、中南區及南區等五個區域，面積937公頃，民國48 年完成實驗區，54 年開發完竣北區 225公頃，均供安置退除役官兵作種植水稻之用，至於其餘中北區、中南區、南區等三區為配合工業發展之需要，正

擬改變開發用途，供開發爲工業用地之用。

2. 彰化王功區及寓埔區海埔地。屬於彰化海埔地範圍。王功區位於彰化縣芳苑鄉明治排水與王功排水之間，面積 462 公頃，屬砂質壤土，民國 58 年由台灣省土地資源開發委員會開發完成，除公共設施用地外，計有雙季水田 227 公頃，鹹、淡水魚塭 113 公頃。寓埔區位於彰化縣線西鄉田尾排水及蕃雅間，面積 827 公頃，屬砂質壤土，民國 60 年由台灣省土地資源開發委員會開發完成，除公共設施用地外，計有水田 649 公頃，魚塭23公頃，以上土地均由土地資源開發委員會出售與需要土地之農魚民。

3. 雲林海埔地。北起濁水溪南迄北港口，長約20公里，寬約 3.5 公里，面積 7,593公頃，由台糖公司負責開發，於民國47年成立雲林海埔地墾殖實驗籌備處，實驗開發后安寮（南區）及許厝寮（北區）兩實驗區 133.6 公頃，（已於民國55年放領予國軍退除役官兵）。

4. 嘉義鰲鼓區海埔地。屬嘉義海埔地範圍，位於北港溪溪口與六腳排水之間，面積約1,000 公頃，民國53年，台糖公司開發，55年台糖公司交與台灣省土地資源開發委員會繼續開發，58年完成，除公共設施外，計有 762 公頃，現均由台糖公司作種植甘蔗及漁牧經營之用。

5. 台南曾文區海埔地。範圍1,600 公頃，土壤砂質壤土，55年由台灣省土地資源開發委員會開發完成，除公共設施外，計有 1,240 公頃，因缺乏淡水水源，周圍又爲魚塭或塩田，經常排進大量鹹水，故現在均作鹹水魚塭之用，此種土地資源開發委員會出售與需要土地之農漁民。

海埔地據估計面積 53,800 公頃，除公共設施外，可有淨生產面積 44,000 公頃。現已開墾完竣 4,196 公頃，尚有可供開發者約四萬公頃。唯其中泰半因土壤，塩分等原因，宜作塩田或魚塭之用，同時部份海埔地正擬改闢爲工業用地，故其可供開發爲農地者，究有若干尚待進一步調查規劃。

四、結 論

海埔地開發，因其與海爭地，工程艱鉅，費用龐大，根據統計，每公頃之工程費用，台南曾文區為 106,000 元，嘉義鰲鼓區為 160,000 元，彰化王功區為 163,000 元，寓埔區為 158,000 元因土地係新開墾而又靠近海岸，受季風影響，同一單位面積的生產價值較之內陸現有土地相差甚遠。政府基於耕者有其田政策，規定開發完成之海埔地降價售與需地耕作之農民，並與農民長期低利貸款，分期償還，使得開發單位很難儘快的收回運轉。如將整個國家經濟發展的立場，以土地的生產效益來衡量海埔地開發，則寧可將此經費用於開發工業區。由於近年來，本省的經濟發展迅速，使得工廠在公路兩旁林立，佔用了許多可耕良田。因此今後宜將海埔地優先考慮工業區，這樣可使政府的稅收增加，適於臨海工業有㈠重工業，成品及原料的重量大，數量多，價值高，運費佔成本比率大者。㈡以外銷為主的工業。㈢排洩污水的工業。㈣水產加工業等。如拆船碼頭、造船廠、鋼鐵廠等，亦可建立海濱工業區及海上遊樂事業，如此容易吸引很多人前往投資。提高土地的利用價值，比較投資開發生產價值不太高的農漁用海埔地，這是很值得考慮的。

參考資料

臺灣土地資源開發論叢，潘廉方等著。（華岡書局）

臺灣省新竹海埔地北區開發總報告

海埔地與國防，柳際明著，陸軍總司令部印行。

大陸飄移—海底擴張—板殼構造學說

本世紀海洋地質學上最驚人的成就

陳信茂

一、緒　　言

海洋地質上最奇特的景象便是中洋脊（ Mid-oceanic ridge ）與海溝的存在，這看來爲崎嶇不平的中洋脊與深淵峻峭的海溝，過去人類知識的領域中，對它們僅是一知半解，但是由於近年來，地球物理學與探勘技術迅速發展，對海洋的探索，挖掘更多有關於中洋脊與海溝的物理學上的證據，使得這些假說更加確定了。人類對於構造學上的眼界也擺開了，有地殼均衡作用的地表上，而展開成整個大陸與海洋橫移數千公里的大構造，從此地質學上登入另一奧秘的世界了。

大陸飄移、海底擴張及板殼構造等學說，實爲一體之三面，互有密切的關係，三者互有相同的動力，相互爲輔，具有連鎖的關連。

二、沿　　革

在西元一六二〇年培根（ Francis Bacon ）就討論到西半球曾和歐洲與非洲連結在一起的可能性。大約二百年後，一八五八年史納德（Antonio Snider）亦發現美洲與歐洲之植物化石群的相似，而判斷指出所有的陸塊不過是從前的原始大陸塊的碎片而已。但那時大陸飄移只爲解釋大西洋兩面海岸線明顯契合的古老學說，並未引起很大的興趣，直至一九一二年以後，經威葛納（ Alfred L. Wegoner ）彙集很多大西洋兩岸地質與古生物對比證據，支持原始地塊（ Pangaea ）在中生代（一億八千萬年以前）破裂，向赤道飄移，分散而成當今的大陸（第三紀）。根據威葛納認爲南美

洲與非洲分離，建造了大西洋，但完成如今大西洋的規模，却是近幾百萬年的事。

這一學說，却缺乏地球物理性質上的證據，而抹殺地質上的事跡。在南半球大陸上，如南美洲、非洲、澳洲、印度半島、馬達加斯加島、甚至南極洲，散佈著石炭紀至二疊紀的冰川遺跡，這些遺跡不僅顯示出這些地區曾經被很厚的冰塊所覆蓋，且清清楚楚地刻劃出當時冰川移動的方向，更妙的是這些冰磧岩（ Tillite ）均分佈在同一時代之水平地層系列裏。

在一九五〇年早期，經過古地磁與地磁逆轉的研究，而增加地球物理學上的證據。古地磁係指當時岩石生成時的地磁方向，指示當時地球磁軸與大陸相對的位置，而引起地球物理學家對大陸飄移學說的興趣。

一九六〇年海斯（ H.H.Hess ）及狄慈（ R.J.Dietz ）皆假想大陸有如漂筏，可隨流漂動，沿中洋脊流上，順海溝下沉。

三、大陸飄移

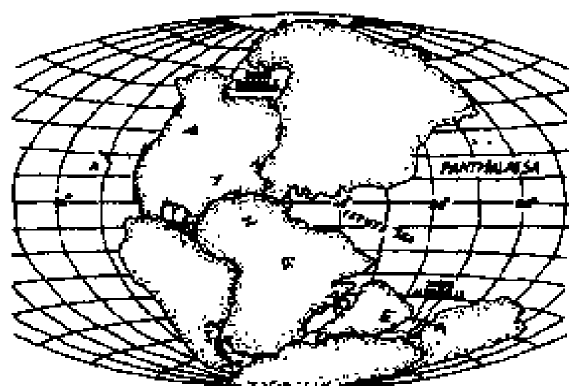
所謂「大陸飄移」之假說，是假設在各大陸間曾有過相對的移動。由於熔岩流噴出地表時，其溫度超過居里溫度（ Curie's temperature ）當其冷却後，溫度低於居里溫度時，保存當時地磁磁場之方向成爲殘留磁場（ Thermo － remnant magnet , TRM ），永久保存當時之磁性。松山基範（ M. Matsuyama, 1930 ）發現此種古地磁（ Palaeogeomagnet ）於地質時代上有不斷地在變動，有時呈逆轉，卽地磁逆轉（ Reverse thermo-remnant magnetization ），都里（ R. Doell ），郭（ A. Cow ）與達里柏（ B.Dalrymple ）根據美國西部，阿拉斯加及夏威夷群島的岩層，利用放射性元素定年的方法研究古地磁變化的情形，發現在過去三百四十萬年間有三個主要的地磁逆轉時代，且每個正異常（ Positiveoanomaly ）時代與負異常（ Negative anomaly ）時代的時間大約一百萬年。這證明地磁曾逆轉過，且不只一次，這就是所謂極性期（ Polarity epoch ）進一步更發現有十萬年短期極性變更，稱爲極性事故（ Polarity event ），極性事故爲兩極突變的現象。以布拉克特（ Blackett ）爲首的倫敦學派古地磁學家測量印度德崗高原的古地磁。德崗高原是由侏羅紀至第三紀之基性

熔岩噴發造成的，根據測量之結果，發現從侏羅紀開始，印度半島即以每小時數公分的速度向北飄移了7000 公里。但在這結論之前，我們也必須先有兩個假設：

㈠、地磁以兩極之磁場最穩定，就是說地球始終都有南北兩極。
㈡、地磁磁軸與地理磁軸必須大致吻合。

這也就是說地球地表現有的結構與地球的轉動軸之間，在過去有過相對的移動，即是古磁軸與現有的極軸之間有著移動，亦謂之爲兩極移動（ Polar wandering ），「兩極移動」並不意味著「大陸飄移」，然「大陸飄移」却表示著兩極曾有移動過。

在三疊紀（約二億年前），地球上只有一塊形狀極不規則的原始地塊（ Pangaea ），被原始海洋（ Panthalassa ）〔古太平洋〕所包圍著。古地中海（ Tethys）形成一個很大的海灣將非洲與歐洲隔開（請參見圖一）。



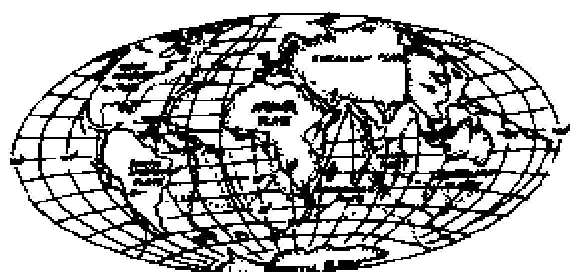
圖一原始地塊（ Pangaea ）
A：Antilles arc B：Scotiaarc
A與S爲現在地理位置參考點

經過兩千萬年的漂移後（三疊紀末期，一億八千萬年前），古太平洋及古地中海皆於加里東寧（ Caledonian ）時期開始發育，當時勞亞古地塊（ Laurasia ）及岡瓦那古大陸（Gondwanaland ）正各自飄移，前者主要留駐赤道附近，而岡瓦那古大陸，以一個人字型的斷裂谷將印度與南美—非洲和澳洲—南極洲分開。

侏羅紀末期（一億三千萬年前），北大西洋與印度洋已有相當的規模了。南大西洋剛開始分裂，古地中海漸漸地縮小，兩處熱源（ Thermal centeral）開始出現，不斷噴出岩漿。

到了白堊紀末期（約六千五百萬年前），南大西洋已具規模。一條新的斷裂谷把馬達加斯加島分開。北大西洋的斷裂谷已移到格陵蘭的東側。地中海更具雛形。可是澳洲與南極洲還連在一起。此時太平洋應有一條南北走向之海溝（ Trench ），以容納向西漂移之美洲地塊。

直至新生代，大約有二分之一的海洋地殼是在這短短的地質時代中新生出來的（請參見圖二）。



圖二現在地殼之構造　　圖三五千萬年後板殼運動及全球外貌

科學家們預測了今後五千萬年後板殼運動及全球外貌的情形，大西洋會繼續寬廣，而澳洲移向亞洲，並相連接，地中海因受橫壓而發現新興陸地（請參見圖三）。

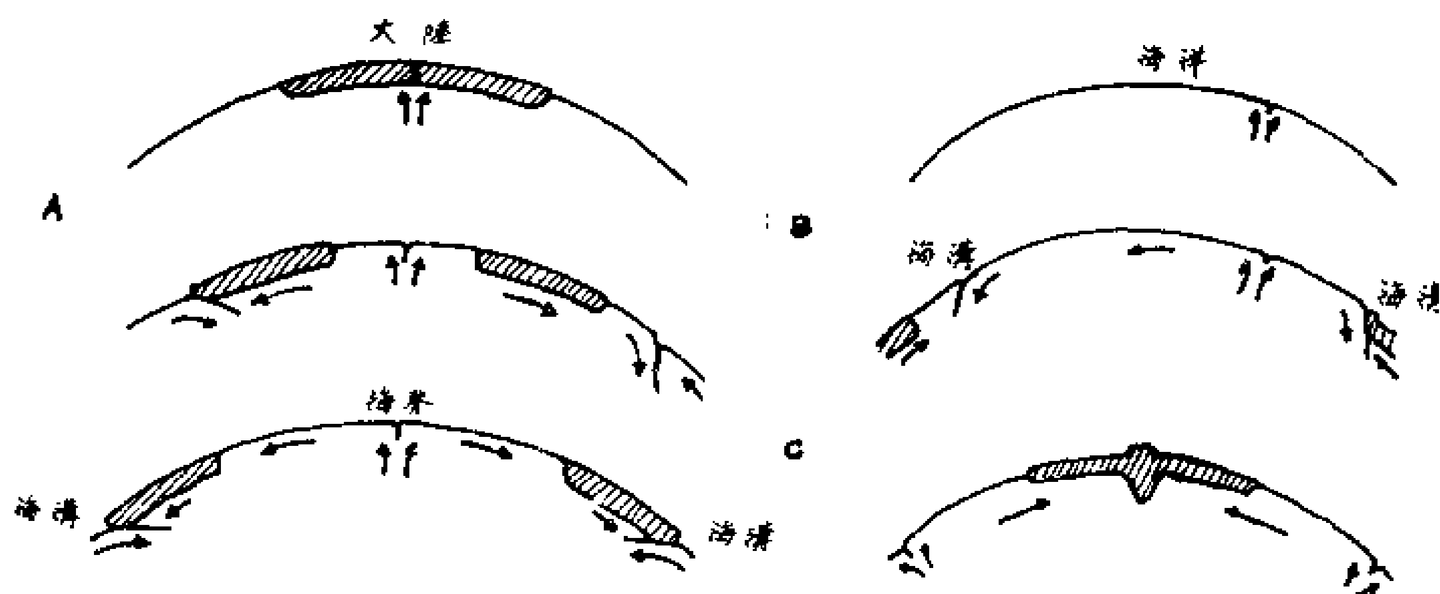
四、海底擴張

欲明瞭海底擴張學說之理論根據必先瞭解地殼之特殊形貌—中洋脊與海溝，中洋脊可分爲二個主要部份，其一爲海脊區（Crest Provinces）；包括斷裂谷（Rift valley）、斷裂山嶺（Rift mountain），及高斷裂高原（High fractured plateau），此海脊區爲海底最崎嶇不平的地形，地震帶沿著斷裂谷伸延著，在斷裂谷所測得之熱流（Heat flow）值爲幾倍於其他任何一般正常海區或爲陸地上所測之值。同時，有一甚大的正值磁力異常（Magnetic anomaly）及中等之異常（－20 Milligals）及負值重力異常（Negative gravity anomaly）沿著斷裂谷延伸。由震測之結果顯示，斷裂谷下之地殼成份爲在海洋地殼（Oceanic crust）及地函（Mantle）之中間成份。另一爲側翼區（Flank provinces）其可分成幾個階段（Step），或是對衝斷層（Ramps）。深海海溝（Deep－sea trench）爲在島弧區是一重要之構造形貌，形成極小之重力值，爲構成深海海溝之特殊形貌。

一九六二年，海斯（H. Hess）認爲新的海洋地殼不斷地由對流中的物質帶上來，在海脊（Oceanic ridge）處形成，並向兩翼擴張。其認爲海洋地殼是由蛇紋岩化的橄欖岩（Peridotite）所組成，橄欖岩是由地函深處被對流帶上來，在500℃以下與海水作用，被蛇紋岩化，體積膨脹，

向兩側擴張，最後在海溝處下降，回到地函，轉化成橄欖岩。狄慈却認爲海洋地殼主要是由輝長岩（ Gabbro ）所組成的，而上部地函是由榴輝岩（ Eclogite ）所組成。他們兩人都主張莫荷不連續（ Moho discontinuity ）並不代表兩種不同物質之界限，而是兩種根本上可以互相轉換的物質（請參見圖四）。

海底擴張學說是有賴於帶狀的磁性異常在時間上的次序與地磁兩極反向的時序，可以對比。韋因（ F. J. Vine ）與麥修思（ D.H.Matthews ）認爲帶狀磁性異常的生成，係由於海底有磁性逆轉的特性。



圖四海底擴張之理論

A與B說明斷裂開始及海洋與大陸下擴張結果之形貌（亦即海底擴張，伴隨着大陸飄移）C是由於向下對流（ downcurrent ）致使大陸地塊撞擊造成山脈

在過去三四百萬年間，推算海底擴張速度，約爲每年一公分至六公分，所以最老的異常帶距離海脊頂，約四十公里至二百四十公里。

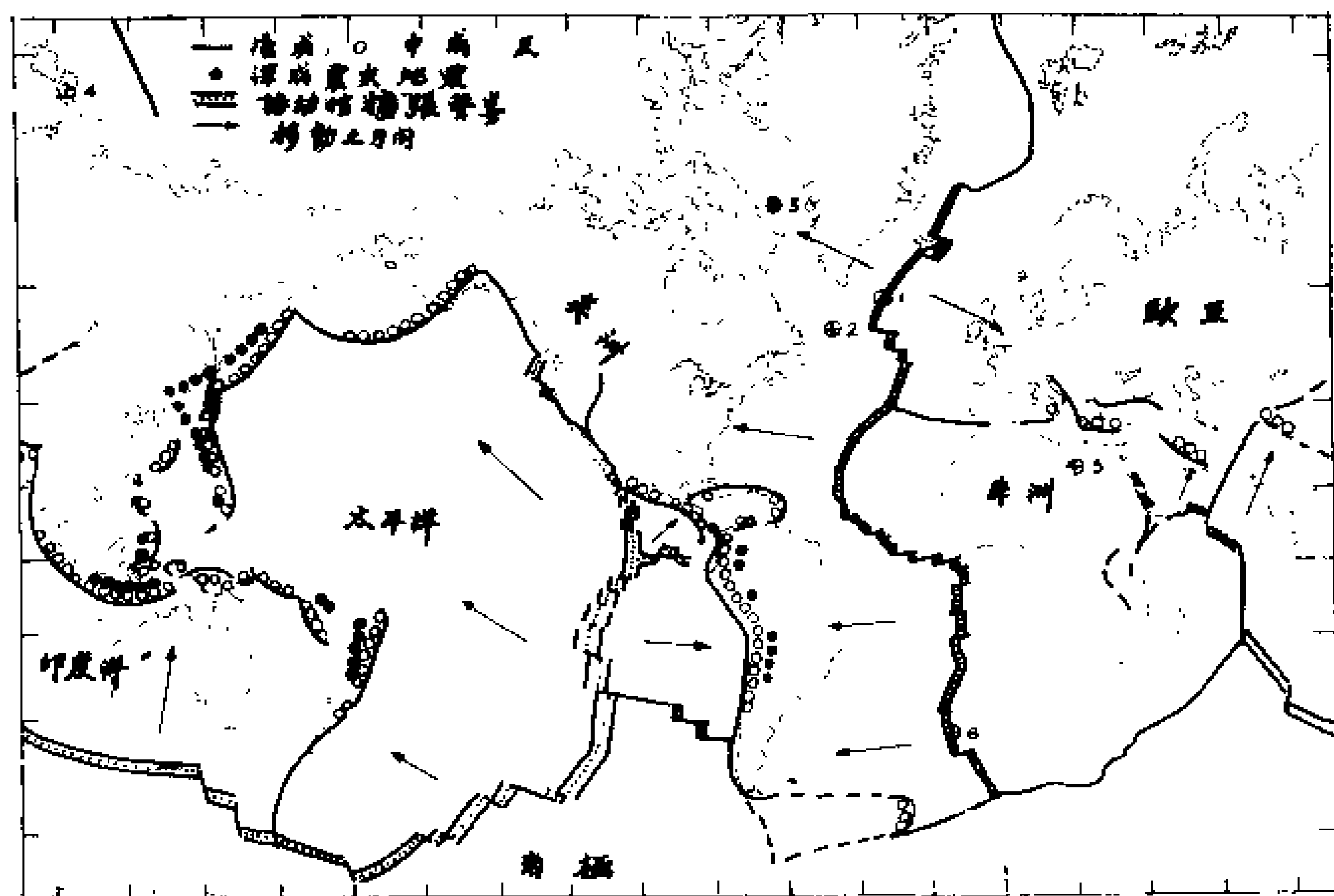
多數的地質學家接受一九六六年及一九六七年發表的證據，相信海底擴張及其伴生的大陸飄移，確有其事。這些證據多來自地磁場、地磁歷史的研究，以及較進步的地震分佈及其性質的研究。準確估計全球性最外層岩石圈移動的方向及速率，導致了一項結合海底擴張與大陸飄移的新學說—地球板殼構造學說的提出。

五、板殼構造

板殼構造學說是綜合大陸飄移與海底擴張的學說，認爲地球表面係由相互垂直運動的剛性板殼組成，根據布拉德（ Edward Bullard ）將地殼分成六個板殼，分別爲歐亞板殼（ Eurasian ），美洲板殼（ American ），太平洋板殼（ Pacific ），南極洲板殼（ Antarctic ），印度洋板殼（ Indian ）。

板殼構造學說是由換形斷層（ Transform faults ）〔Wilson ,1965 (a)〕延化而來，摩根（ Morgan, 1968 ）强調由於活動性擴張脊案之分離兩板殼之間相對運動並不需要對脊軸之方位成直交（ Orthogonal ），但其受橫衝斷裂（ Transverse fracture ）（換形斷層）之方位所影響而致使脊軸產生水平斷錯（ Offset ）。且以海脊與海溝或火山系爲界，如此假定之板殼就是所謂剛塊（ Rigid plates ），摩根（ Morgan ）與賴必强（ Lepichon ）（ 1968 ）規劃出所有三大海盆活動脊案分離地塊之間相對移動之瞬間中心（請參見圖五）。

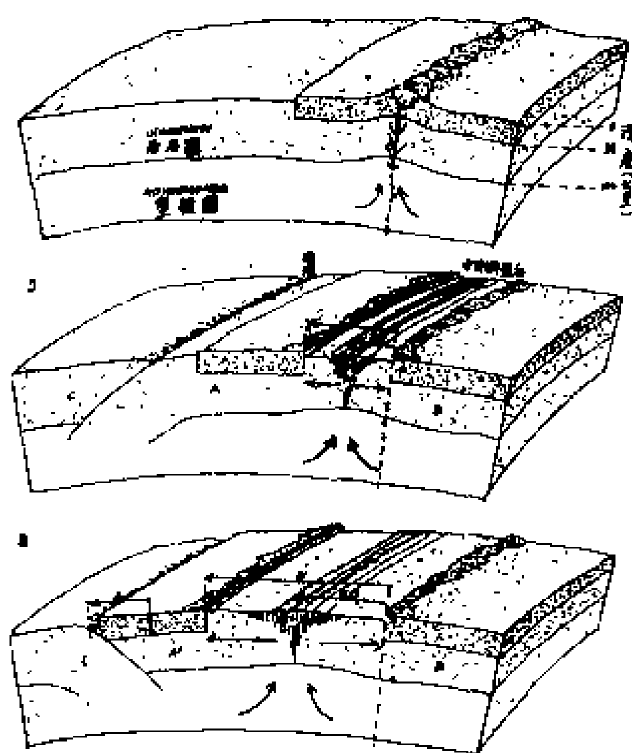
板殼構造是討論地球岩石圈中板層相對運動及其相互作用所產生的結果，所以大體上可以說關係著地殼，雖然板殼運動之源動力爲地球之地函（ Mantle）。地球之表面形態如圖五所示，可分爲海平面以上平均高度九百餘公尺之大陸地台（ Platform ）及海平面以下平均深度三千一百餘公尺之海洋盆地（ Oceanic basin ）而約有百分之十的大陸地台沉沒於海中，這一部份稱之爲大陸棚（ Continental shelf ），兩地台相接之處不是大陸與海洋相契合之海岸線，而是大陸棚下伸至大陸斜坡（ Continental slope ）之交線。每一穩定之大陸台地，均橫貫著地質活動帶（Mobile belt ），這些活動帶是地震與火山區域帶。圖中亦顯示出海洋山脊，這些昇出深海底約一千公尺的山脊，稱之爲中洋脊（ Mid - oceanic ridge ）沿脊頂呈現斷裂谷（ Rift valley ）。圖中又顯示出，現時地球山脈系統，係於六千五百萬年前造成的，且係曾受橫壓的地區，分佈於太平洋周圍的島弧，這些島弧與海溝相靠近而伴有地震，高的磁力異常及低的熱流値，實爲活動山脈的延伸。



圖五地殼之主要地震帶及賴必强（ Lepichon ）假想之六個主要非地震板殼。大陸與海洋，常爲活動山脈與海脊所橫斷，海脊頂部亦爲斷成段落。海溝位於近火山帶或大陸邊緣，地震帶發生位於活動山脈、海脊、海溝及島弧地區

一九三一年賀姆斯（ Holmes ）首創地函之對流作用（ Convection ），其謂在海洋中洋脊對流物質，而於島弧及大陸山系下降。而在海溝底下的地震震央面（ Earthquake focus ）向大陸傾斜（ Benioff zone ）而遠離海洋。奧利佛（ J. Oliver ）謂這是由於海洋地殼向下運動到地函所致，但頗值置疑。正如我們感到意料的，在南美東太平洋「隆起」（ Rise) 的東側有海溝發現，但在北美的兩岸則沒有海溝的出現，推測應在東太平洋「隆起」東側出現的海溝可能為北美的大陸所覆蓋。在大西洋與印度洋則與太平洋正好相反，至今為止，在大西洋發現的海溝僅有在加勒比海一處。也許海溝早已被沉積物所充塡，而位在大陸邊緣之下（請參見圖五）

板殼構造學說，地球表面係由幾個相互運動的剛性板殼組成，這種剛性岩石板殼，厚約百公里，稱之為岩石圈（ Lithosphere ）岩石圈下溫度較高一層，是固態流性頗大的塑性圈（Asthenosphere)，可緩慢蠕動，岩石本身，無地震現象的發生，在板殼相互移動帶便是地震區。所以照此學說地球表面的主要形態，不是海洋與大陸，而是由地震帶所規劃出的岩石板殼（請參見圖五及圖六）。



圖六板殼構造之理論

1. 板殼上的陸塊開始發生斷裂作用，岩漿不斷噴出，海溝或緩衝帶同時生成。
2. 陸塊向兩側移動，海洋地殼在中間產生。
3. A陸塊上的陸地跨越海溝X之距離，終於逆轉，由向西傾斜變為向東傾斜。假設B地塊固定，則中洋斷裂谷向左移動。

地震的研究，對板殼構造的貢獻甚多，地震係地殼遭受變動時突然釋放儲於岩層中的應變能量，可分為淺成地震（地震央在地殼表面下60公里以內），中成地震（震央深度在地殼表面下60公里至300公里），深成地震（震央深度在地殼表面下超過300公里，最大深度達700公里）。地震的分佈恰與海脊山系與島弧的位置相吻合，而深成地震僅發生於剪力帶部份，淺成地震則與張

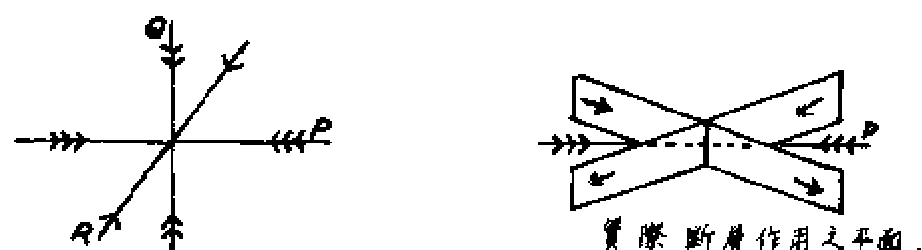
力有關的海脊相吻合（請參見圖五）。

地震波分析確定了海底擴張假說所形成的地殼形態。板殼接觸部份有三種型式：張力式（ Divergent juncture），爲中洋脊部份，剪力式（ Shear juncture），換形斷層斷裂（ Transform － fault fracture zone ）及相撞式（ Convergent juncture ），海溝部份。板殼在海脊處彼此漂離，却沿着火山島弧及活動山系互爲移聚。岩石圈層會在海脊處有新的建造，壓縮的地區則有舊層被拖到下陷，達地球深處。南美洲與太平洋板殼的接觸帶爲剪力或相撞式，太平洋板殼在南美洲板殼底下向下滑動，而地震發生在南美大陸海溝下成四十五度傾斜的板殼，深達700 公里。太平洋與北美大陸相接觸却爲張力式，兩板殼相對平行滑動，當太平洋板殼向北移動時，聖安德亞斯斷層系（ San Andreas Fault System ）發生淺成地震。

六、換形斷層(Transform Fault)

圖七爲走向－－滑動斷層（ Strike － slip faults ）亦稱橫推斷層（ Transcurrent faults ），主要三個應力軸（ Stress axis ）之關係與作用平板面之實際運動方向，亦即應變（ Strain ）。橫推斷層發育係最大與最小主要應力軸（ Greatest &Least principle stress axis ）均水平，因此中間主要應力軸（ Intermediate principle stress axis ）垂直。故兩剪力斷裂（ Shear fracture ）之交切亦垂直。且斷裂面與最大主要應力軸之交角爲 30 度，其產生之位移，可分爲右旋與左旋兩種。橫推斷層與換形斷層主要區別在於橫推斷層是兩地塊沿著垂直的斷層面作相對的運動。只要斷層作用持續著，兩地塊相對的位移就不斷地增加。在斷層面一側的地塊運動始終與另一側地塊的運動相反。亦即說換形斷層之相對運動，僅限於脊峯之間，超過兩脊峯之外被擴張的物質在換形斷層之外沒有相對的運動（請參見表一）。

在中洋脊發生之時有一換形斷層切過，一次完成後挫動線的位移如圖八。沿著斷裂帶從下往上帶的物質在介於兩個移動過的脊峯之間，向相反的方向擴張。思基（ Sykes ）亦指出兩斷裂帶間運動之方向與地震之分佈



圖七　橫推斷層之理論

P：最大主要應力軸（ Greatest principle stress axis ）

Q：中間主要應力軸（ Intermediate principle stress axis ）

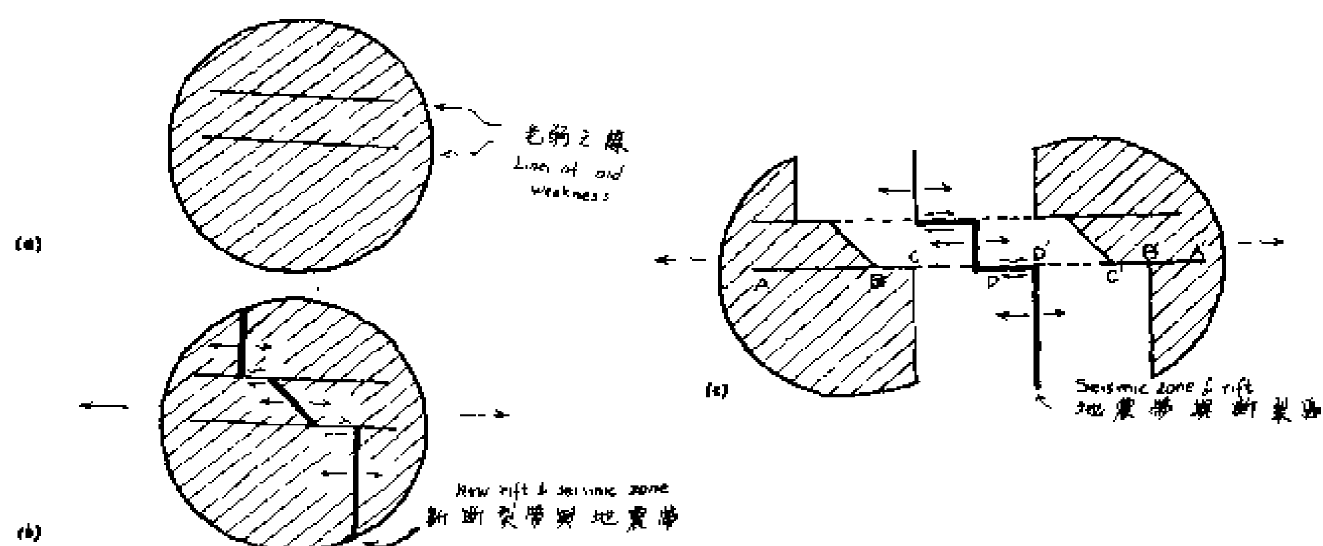
R：最小主要應力軸（ Least principle stress axis ）

表一　換形斷層與橫推斷層之區別

斷層之性質	橫推斷層	換形斷層
1.當斷層作用之時水平斷錯長度之改變	增　加	保持一定
2.斷層運動之方向	水平斷錯趨於增加	與橫推斷層成相反方向
3.沿斷層跡（ Fault trace）地震與活動之分佈	沿斷層跡均有	僅限於斷層跡水平斷斷錯部份
4.斷層之終結特性（在交切回跳海岸上）	大陸之上持續著直至其緩慢終止	在大陸斜坡突然終止
5.　[illegible]地殼之面積改變	無	在兩端必須增加或減少
[illegible]伴隨水平運動之幾乎垂直斷層	有	有

爲換形斷層的性質，而不是橫推斷層。換形斷層或斷裂帶因與海岸連結而終止。

右旋或左旋海脊一海脊換形斷層之一般性質爲中洋脊之水平斷錯（ Offset ），稱之爲斷裂帶（ Fracture zone ）。其性質尙未明瞭（ Menard , 1964 ; Heezen et al., 1964 ）。最重要的換形斷層且有一顯著水平斷錯爲聖安德亞斯斷層，雖然其貫穿陸地，而兩端却在海洋（Hill ,1966 ）。



圖八　一個陸塊斷裂成二個地塊之三個時期
（地震活動帶僅限於沿著黑重線處）

七、結　論

地殼構造學說雖然有甚多的地球物理學及地質學上證據支持此學說的成立，但此並不能使所有的地質學家與地球物理學家認為此學說是地球科學的萬應靈藥，其仍然存在著不少疑難之處。

假若海底擴張和板殼構造之理論成立的話，那麼其動力是什麼呢？最流行的看法是地函內部的對流作用提供了如此動力。但地函內部是否眞有對流作用的發生呢？至少我們還尚未找到直接的證據。

根據海斯與曼納德（H. W. Menard）發現在達爾文隆起（Darwin Rise)〔中生代以後停止活動〕並沒有發達磁力異常帶的現象，而中生代以後，卻在東太平洋發現有良好的紀錄。難道中生代以前沒有地磁逆轉的現象？或是沒有海底擴張的運動。

艾溫（M. Ewing & J. Ewing）指出海底擴張開始於中生代，根據沉積物厚度之分佈，他們發現沉積的速度並不穩定，大約在五千萬年前

停止沉積而在一千萬年前又開始復活。假若果如是，又如何解釋。

換形斷層並未造成中洋脊之間的位移，然而這種位移如何由對流作用來完成呢？

在海洋地殼陷下之處常有海溝——島弧之系統。根據對流作用，此處之熱流值應該最低。不幸的，海溝——島弧系統伴有高的熱流值與火山作用甚發達。有人認爲由於陷下陸塊與周圍物質摩擦生熱的結果，或是沉沒之古陸塊（林朝棨，1974），正確與否更有待考證。

近年來國際對上部地函之研究，顯示地殼與地函的性質的不同，並非僅限於上部，而可達數百公里的深處，大陸與海洋地殼化學成份的不同，必使地函部份化學成份相異亦達深處，假如大陸地殼成份，部份取自於海洋地函物質，則平衡作用必要求大陸地函物質，也轉移到海洋地函，但熱流及重力的研究，均否定了此假定。

由地震研究，來自大陸地表波（Surface wave），發現低速層約在地球內部120公里至300公里之間，有4.5公里／秒的速度，遠較海洋部份爲高。假若大陸係由地函物質的上昇聚集，而這種作用會在地函上部700公里部份進行，則大陸的深部構造似與大陸飄移學說的近地面對流推動薄層地殼飄移者，頗有抵觸。

古植物學家雖多引用舌羊齒植物群（Glossopteris flora）分佈在印度、非洲南部及中部、南美洲南部、澳洲及南極洲來支持大陸飄移學說，但愛賽拉德（Axelrod）則謂缺乏植物遷移現象證明南非洲在石炭紀位居南極，至二疊紀與三疊紀時曾北移經度60度。

雖然諸多現象，板殼構造學說難有適當的解釋，但目前這學說正由一項非常廣泛的深海鑽探計劃，接受考驗，收集海洋盆地生成的年代及其作用。一九六九年十二月五日的「科學」雜誌報導該刊主編艾博生（P.H. Abelson）的說法，「認爲深海鑽探的結果，強力支持海底擴張與大陸飄移的現象，地球板殼構造學說已不再是假想，而確可建立了」。

參考文獻

1　周瑞燉，1970：普通地質學，第四章，第58至140頁，中國石油

公司員工訓練中心教材叢書。

2. 周順安，1973 ：深海鑽探；演化，第 50 至 56 頁，台大地質系刊。

3. 阮維周，1973 ：地球板殼構造學說；地質，第 87 至 96 頁，中國地質學會。

4. 林信一，1973 ：談美國深海鑽探計劃；地質，第 69 至 74 頁，中國地質學會。

5. 林朝棨，1974 ：沉沒於菲律賓海中之失地一一華東古陸地；海洋彙刊，第十二輯。

6. J. T. Wilson , 1963 : Continental drift ; Scientific American 1968 : Continenfol drift, Transcurrent and Transform fault ; The sea, p. 623 − 643.

7. F. J. Vine and H.H.Hess, 1968 : Sea floor spreading; The sea ,p. 587 − 617.

8. S.E.Bullard, 1969 : The origin of the ocean ; Scientific American, p. 66 − 75.

上部地函的組成

呂善淡

一、簡　介

所謂上部地函（ upper mantle ）其深度介於moho discontinuity 和 transitional zone 之間，其化學成份為一近似橄欖岩（ peridotite）之超鐵鎂質的物質（ ultramaficmaterial ），其實際組成因無法採樣，而尚未知曉，唯根據實驗室的實驗結果及地球物理的證據，顯示其組成可能為橄欖岩（ peridotite ）榴輝岩（ eclogite ）及 pyrolite 等岩石所謂 pyrolite 係根據Ringwood 合成之理論岩石其定義為：

pyrolite = 3 part alpine peridotite + 1 Part Hawaii tholeiite

至於上部地函的礦物成份為橄欖石（ olivine ）輝石（ pyroxene ），柘榴石（ garnet ）及閃石（ amphibole ）其最初成份與 garnet lherzolite 相同，此種 garnt lherzolite 經分化後可生成玄武岩，並有純橄欖岩（ dunite ）與含輝石之橄欖岩等剩餘物，其分化過程如下：

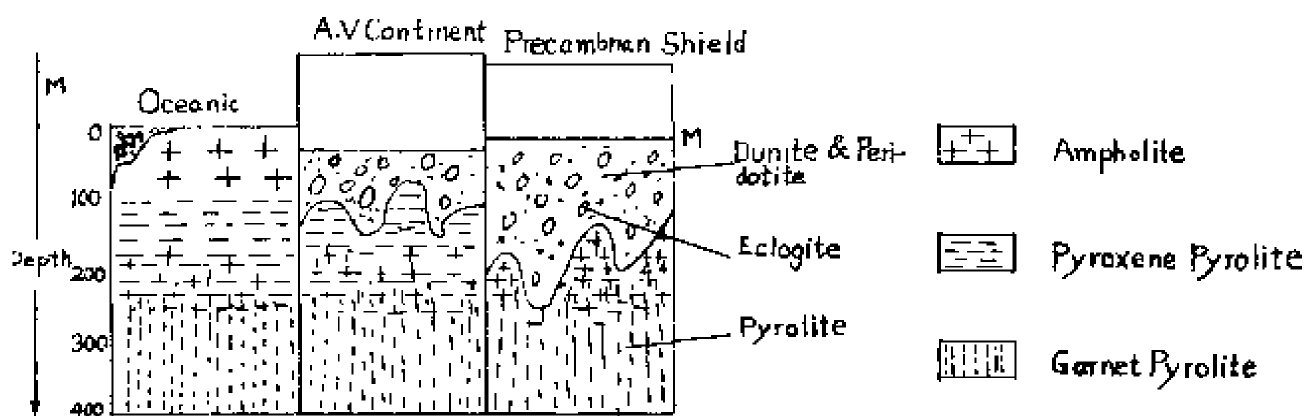


Fig I. Petrological model for the upper mantle, as suggested by Clark and Ringwood (1964)

garnet lherzolite (garnet + orthopyroxene + clinopyroxene + olivine) $\xrightarrow{\text{分化}}$ garnet + orthopyroxene + olivine $\xrightarrow{\text{分化}}$ olivine + orthopyroxene ⟶ olivine.

由於上部地函與地殼間僅有一 moho 不連續面存在，其關係極爲密切，有些海洋地殼是由上部地函分化後之產物，其關係如上圖所示：

上圖中之 eclogite 乃在分化的過程中結晶形成，在海洋地殼下之上部地函因含較多之水分，故 eclogite 較易分化而致其量較大陸地殼下之上部地函爲少。

二、上部地函的取樣

探討上部地函組成之資料來源有二種可能情形。

(一)由地函演變而形成之陸地岩石（ terrestrial rock ）

(二)基於隕石組成之研究在 external 或 extraterrestrial rock 所得之證據，然此種 extraterrestrial 的資料似乎不能供給上部地函的化學組成的定量值（ quantitative value ），而陸地岩石有三種物質可能是直接來自上部地函，且每一種其組成範圍皆很廣，茲將三種取樣簡述如下：

1. 在玄武岩中發現的超鐵鎂質捕虜體（ ultramafic xenoliths ）或橄欖核（ olivine nodules ）：

許多玄武岩皆含有深成岩的粗粒晶質（ crystalline）物質的捕虜體或核（ nodules ），通常這種核其組成爲輝長石（ gabbric），橄欖石（ olivine），輝石（ pyroxene ）斜長石（ plagioclase ），間或夾帶點角閃石（ hornblende ）。如這些核中以橄欖石爲主，則謂之橄欖核（ olivine nodules），成份爲橄欖石，斜方輝石、單斜輝石和尖晶石（ spinel ）。

至於超鐵鎂質捕虜體有二種，不同形式：

① lherzolite xenoliths ：（所謂 lherzolite爲一含斜方輝石，及單斜輝石，和橄欖石之橄欖岩。）此種捕虜體常發現於極度未飽和之玄武岩，該捕虜體可能是地函之一小部分（ mantle fragment ）。

②純橄欖岩之捕虜體（ xenoliths of dunite ）此種可能是上部地函經

分化後的剩餘物。

2 發現於南非Kimberlite pipes之含柘榴石的橄欖核(garnet peridotite nodules):這種含柘榴石之橄欖岩的包體,其組成礦物顯示係在高壓形成也正因爲在高壓形成,故常有鑽石出現,如果這些樣本之取樣具有代表性時,則可發現一結論:就是上部地函之組成主要爲peridotite,而eclogite則含量較少,但分佈甚廣。

由上述二種nodules之化學成份相近(如表一)及它們的礦物成份,顯示這二種nodules分別代表上升的玄武岩液體所夾帶之地函成份及被Kimberlite所捕虜之地函。

然此二種不同之捕虜體,由於其在地函中的壓力、溫度及礦物的穩定區域不同,而致形成的礦物不同(如表一)。

表一: Average analyses of ultramafic nodules

	1	2	3	4
SiO_2	43.4	45.7	44.18	41.10
TiO_2	0.08	0.13	0.09	0.08
Al_2O_3	1.8	2.7	2.81	0.56
Fe_2O_3	2.7	1.6	1.16	1.24
FeO	6.7	5.7	7.34	9.31
MnO	0.16	0.12	0.14	0.15
MgO	42.4	41.5	40.95	46.33
CaO	1.8	2.0	2.49	0.17
Na_2O	0.21	0.22	0.22	0.23
K_2O	0.01	0.03	0.04	0.03
P_2O_5	0.04	0.02		
Cr_2O_3	0.33	0.35	0.3	0.35
NiO			0.27	0.44

Note: 1 Average of twenty-seven published analyses of olivine nodules.

2 Average of three published analyses of garnet peridotite

nodules。

3. Average of five analyses of olivine nodules with CaO & Al_2O_3 Content between 2 and 3 %。

4. Average of three analyses of olivine nodules with CaO & Al_2O_3 Content of less than 1 %。

由表一可知二種不同nodules之平均組成，有些不同，olivine nodules所含CaO、Al_2O_3之量較garnet peridotite nodules爲低，Reay〔1965〕認爲這可能是olivine nodules 來自地函之較上層。Al_2O_3，CaO，Na_2O，K_2O因分化之關係而使其量較少，相反的因玄武岩的分出，使其MgO含量較增。

3. 超鐵鎂質岩石（ultramafic rocks）：有關上部地函之樣本來源，除了上述二種外，還有（ultramafic rocks）本身，有些ultramafic rocks存在於有層次之噴出岩中，如Alpine peridotite其噴出岩皆沿着造山帶或島弧延伸，其原因可能是早期從玄武岩的岩漿中結晶後再噴出，這種ultramafic body主要以橄欖岩（peridotite）及蛇紋岩（serpentine）爲主，很明顯的表示它來自地函。尤其是位於造山運動地區的ultramafic body更爲明顯（即可能是因造山運動而帶上），另外在深海盆地（即Hess 1962所提出，位於海洋地殼之第三層的蛇紋岩（serpentine）亦是來自於地函。

三、上部地函的化學組成

Note:

1. Average of four garnet lherzolites with MgO／ΣFeO ratio less than 4.90
2. Mantle peridotite（Kushiro & Kuno 1963）
3. Hess' Type C peridotite（Hess 1964）
4. Ringwood's pyrolite（Ringwood, 1966）
5. Undepleted upper mantle estimated by Harris et al.（1967）

Analyses in wt % except where indicated in ppm.

N.D. is not determined.

表二：Chemical composition of the upper mantle estimate by various authors.

	1	2	3	4	5
SiO_2	44.95	44.05	43.56	45.16	44.20
Al_2O_3	1.57	2.80	2.36	3.54	2.70
ΣFeO	8.48	8.17	8.67	8.45	8.29
MgO	40.30	40.98	41.53	37.47	41.30
CaO	2.49	2.49	2.51	3.08	2.40
Na_2O	0.352	0.21	0.32	0.57	0.25
K_2O	0.085	0.03	0.005	0.13	0.0015
TiO_2	0.10	0.14	0.04	0.71	0.10
MnO	0.128	0.14	0.10	0.14	0.15
Cr_2O_3	0.459	0.36	0.40	0.43	0.30
NiO	0.342	N.D	0.34	0.20	0.20
Co (ppm)	89.6	N.D	N.D	N.D	N.D
Sr (ppm)	56	N.D	N.D	N.D	N.D
Zn	50	N.D	N.D	N.D	N.D

四、上部地函的礦物組成

(一)橄欖核(olivine nodules)的礦物成份。

橄欖核的礦物群與 pyroxene peridotite之礦物具相同之組成，詳如上表：

表三：Mineralogy of pyroxene peridotite

	1	2	3	4
olivine	65.3	64.3	66	65
orthopyroxene	21.8	17.9	12	22.2
clinopyroxene	11.3	16.2	20	10.8
spinel	1.5	1.5	1.7	2.0

Note： 1. Calculated from the composition used in subsequent calculation mean atomic weight 21.07

2. Average modal composition of 13 olivine nodules from

New south Wales.

3. Average modal composition of 6 olivine nodules from France〔vilminot 1965〕

4. Average of 12 diffraction analyses of the Ludlow nodule〔Otalora & Hess 1967〕

(二) garnet peridotite nodules 之礦物組成

表四：Mineral composition of garnet-peridotite.

	1	2	3
pyropegarnet	10	7*	8
orthopyroxene	12	13 ½	26
clinopyroxene	11	14	11
olivine	67	66 ½	55

Note: 1. Calculated same as table 三 volume 1.

2. Mineral composition of E 3 and E11 the garnet-peridotite nodules analysed by Nixon et al.〔1963〕

3. Average of mineral composition of 7 garnet-peridotite nodules from Nixon et al.〔1963〕

* includes Kelyphitic rim around the garnet.

由上述在不同陸地岩石採取所得上部地函其組成結論如下：

①來自火山岩的橄欖核（olivine nodules）之大部分，其組成範圍是純橄欖岩（dunite）及榴輝岩（eclogite）爲其二端之終極產物。

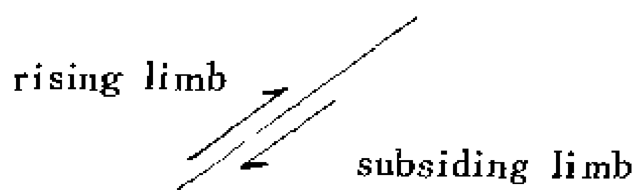
②有種含 Ca.Al量較高之橄欖核與來自Kimberlite的 garnet peridotite nodules 之平均組成以及 peridotite 之噴出岩的組成相一致，可是從Kimberlite採樣之Gornet peridotite 其層較深且較均勻，fusible constituents 亦較橄欖核爲多，此外其礦物組成中含橄欖石（olivine）55 % 而橄欖核含橄欖石65 %，而且另項顯著不同是 Garnet peridotite的Mg/Fe 比較高。

五、地函内的對流

在地函內為一晶質之物質，而有其彈性限度（ elastic limit ）一 atomic force。因此若要在地函內產生一種對流務必先破壞此種彈性限度，方能產生，然而在地函內破壞此一力量主要是橫間壓力梯度（ horizontal pressare gradient ）尤其是在 transitional zone 內。然後再由於地函內的溫度梯度來產生對流現象，即這種溫度梯度的形成乃因在地表的輻射（ radiation) 和熱傳導之作用，（ 其中以輻射影響較巨 ）使頂部地函因失熱，比重增大，而下沉。相反的在地函之最下層與地心交界處因受熱於地心，使其比重變小而上升。如此乃在地函內產生對流。然根據 F.A. Vening Meinesz，認為產生在地函內的對流形式為（ Half turn current) 半轉對流，且他認為此 Half turn current 可維持 50 ～ 100 million years. 這段期間正是地殼上發生强烈造山運動之際。當 Half turn current 完成之際，在地函內將達一動力平衡，此時地函內停止繼續移動，而且地函內原來之熱分佈由於上升與下沉之作用而發生强烈攪動，在頂部有一相對較高之溫度，在地函底部有一相對較低之溫度。

如此在地函頂部與地殼交接處，由於具有一相對較高之溫度而使其又開始向地殼輻射，反之在地函之底部亦然，一直持續到其溫度梯度又足以產生 Half turn current 為止，此段時間謂之休止週期，其間約有 200 ～ 300 million years 。

同時 Meinesz 認為在這 Half turn current 中又可分為前半部與後半部，當 Half turn current 完成前半部分時，上升之流與下沉之流皆達其中途而造成上升翼（ rising limb ）與下沉翼（ subsiding limb）之最大溫度差，此刻在大陸邊緣（ continent border）將有一最大上升運動，而在海洋與大陸之交接處有一最大下沉運動一般相信此下沉與上升運動是在海溝處之 fault 斷層處發生。



目前地殼是處於 Half turn current 之後半部份，在此期間 Half turn current 之速度時減慢，一直到停止為止，根據目前地殼上所發生的地震、地殼運動、地形變化，而知道地殼運動仍在發生，故而表示 Half turn current 仍在作用。

就整個地球而言，地函對流主要在大陸邊緣及中洋脊處上升，而在海溝處下沉，至於對流概況如圖二。

還有一點須在此特別強調，即在 Half-turn current 之 cycle 中熱量經年累月不斷的由地函向地殼輻射，其熱量並不致於減少，因可由放射性元素補充，甚至超過。

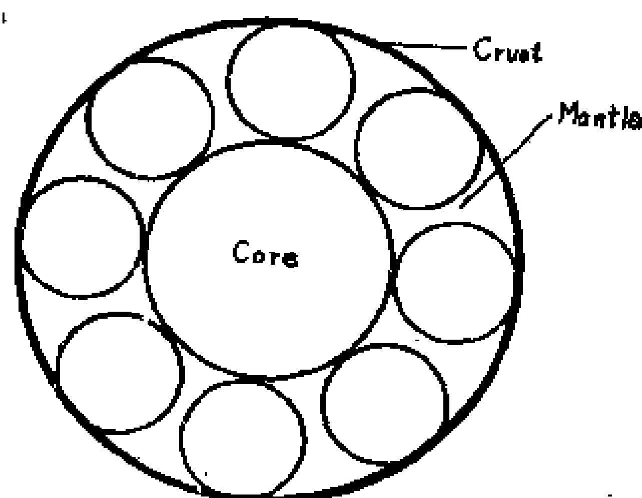


Fig 2. Schematic representation of the currents in a crystalline mantle.

六、地殼與地函之演化

地球上熱流之研究，有一重大發現，即從海洋地殼上所量得之平均熱流（ heat flow ）值與在大陸地殼上量得之平均值相同，然海洋地殼爲玄武岩組成，厚度亦較薄，含放射性元素 K. Th. U量較少，而大陸地殼爲花崗岩組成，厚度較厚，故含 K. Th. U量較多，如此照理說大陸地殼之熱流應較高而事實不然，爲解釋此現象有三種說法：

㈠認爲海洋之 heat flow主要是來自地函而大陸之熱流主要來自地殼，換句話說卽海洋地殼下之地函含K. Th. U之量較大陸地殼下之地函爲高。

㈡第二種說法認爲在地函中含 K. Th. U量相同而是在大陸地殼裏之下層有一含 K. Th. U 較少之 alpine peridotite residuals。

㈢然根據海底擴張說認爲大部份的海洋熱流是因地函內的對流作用，將溫度較高之熱流帶上。

至於地殼與地函關係最密切之處應是中洋脊與海溝處一般中洋脊之礦物群乃由輝長岩（ gabbro ）粗粒玄武岩（ dolerite ）橄欖岩（peridotite）、

及帶點地表玄武岩（ surficial basalts ）之 pyrolite 在此處由於水平擴張力（ horizontal expansion ）及分化的結果，上層爲一較均勻之鐵鎂質岩石（ mafic rock ），覆蓋着超鐵鎂質地函（ ultramafic mantle ）。且這 mafic 地殼中之較上一層玄武岩（ tholeite ）因冷却較快，且由於與水作用而部份被氧化，然較下之層因被上層相隔，未能與水作用而無氧化且較乾。

由於海底擴張說（ Sea floor spreading ），地函在中洋脊處上升經分化而形成海洋地殼，同時由於 horizontal expansion 向兩旁擴展，乃在海溝處，地殼由於下沉作用，而帶入地函內，且在帶入地函之際，前面所提較下層之 mafic 地殼變成榴輝岩（ eclogite ）而較上層（與水作用之層）變成角閃岩（ amphibolite ）。

參考資料

Reference：

1. 陳汝勤教授　講授教材
2. P.G. Harris, A. Reay and I. G. White " Chemical composition of the upper mantle" J. G. R. Vol72. No24 pg 6359 ～ 6368.
3. F. A. Vening Meinesz " Convection current in the mantle". —— The earth's crust and mantle. (F. A. Vening Meinesz) 。
4. A. E. Ringwood " Composition of the crust and upper mantle — The earth's crust and upper mantle (HART).
5. Ju— chin chen petrology & chemistry of garnet lherzolite nodules in Kimberlite from south Africa.

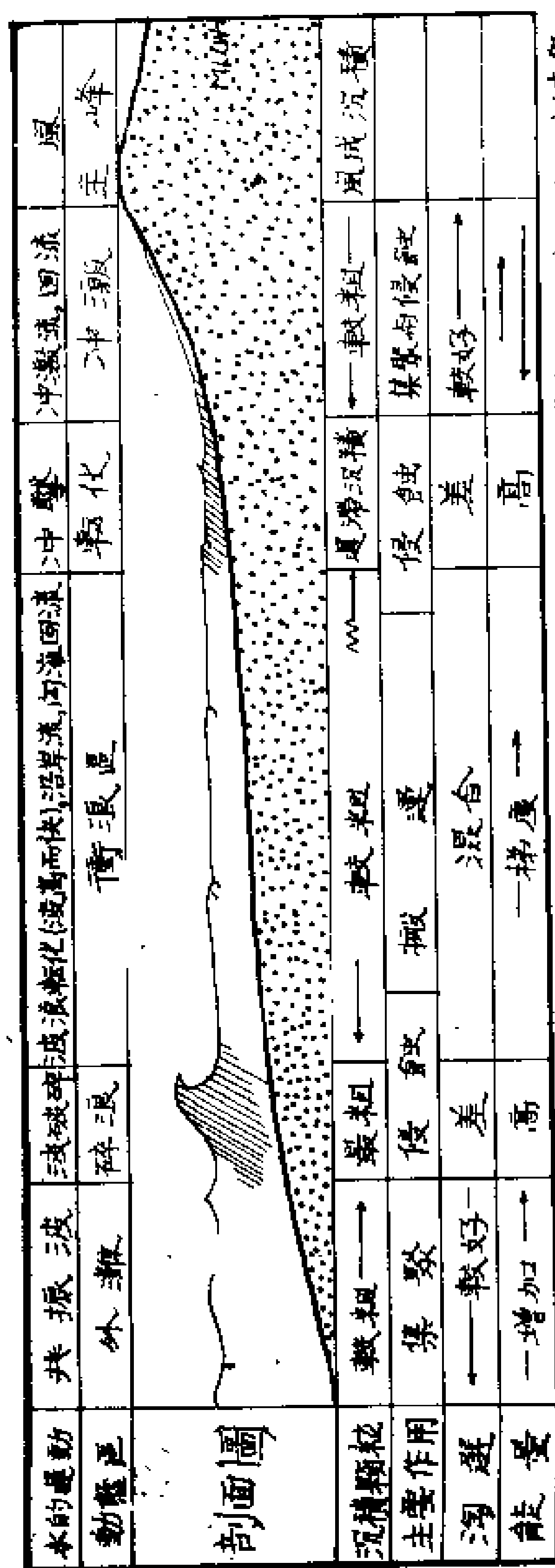
海濱沉積搬運之追踪

盧誌銘

一、引言

地質學家致力於近岸沉積搬運的追踪工作，已將近有二十五年的歷史，近幾年來使用放射性追踪的技術，使有關海灘砂搬運的研究工作有了長足的進展。此外，用於追踪顆粒運動的方法尚有使用煤碳碎屑、磚屑、磁化混凝土、上漆的石粒、染色的砂粒等，這幾種方法均有某些程度的成功，但是加以放射性或上螢光染料標識的天然砂粒比人為的材料效果更為顯著。並且螢光砂比放射性砂尚有下述的優點：

一、天然顆粒從



圖一、海灘環境四個主要動態區，斜線部份表示遷移顆粒集聚地區，螢光砂追踪及更測結果顯示沿岸流局限於一高能量區之間。MLLW = mean lower low water.

粉砂（ silt ）至粗礫（ cobble ）均可利用簡單的工具迅速簡便地上螢光。

二、目前尚未發現螢光對人有任何顯著的害處。

三、不同種類的螢光漆可以連續在一地區使用，或混合使用，以分辨不同大小的顆粒間的差異。

四、在上螢光前天然砂不需經特殊處理。

五、螢光砂辨識率準確度高達百萬分之一。

六、螢光染料並不影響天然砂粒之流體力學特性。

使用螢光砂追踪沉積顆粒運動肇始於 1959 年，而大規模的實驗是 1961 年在美國加里福尼亞洲南方海灘分五個地方進行，以不同量的螢光砂在五個地區連續實驗，由北至南分別爲 Goleta Point, Trancas, Santa Monica, Huntington 及 La Jolla 等，上述地區均各自成一近岸體系，意即各成一獨立的沉積系統，並且各地之波浪狀況，沉積及地形等特性均不相同，以利於對照比較。

每一個地區均做了數個月的實驗，尤其在 Santa Monica 更做了碎浪區（ breakwater ）防波堤周圍，碎浪帶（ break zone）以外地區，冲激地區（ swash zone ）及裂流（ rip current）的細部追踪。

綜合以上研究的結果，發現砂之運動侷限於四個主要動態區（ dynamic zone）內，在衝浪區域海底包括由碎浪帶至回流區（ back wash）之間尤爲重要（見圖一）。過去在實驗室中做的模型試驗，所造的海灘坡度較陡，碎浪區太窄，因此前濱（ foreshore ）地帶一直被誤認爲是海濱砂搬運的主要地區，但是新的證據顯示並非如此。

二、實驗室及現場操作

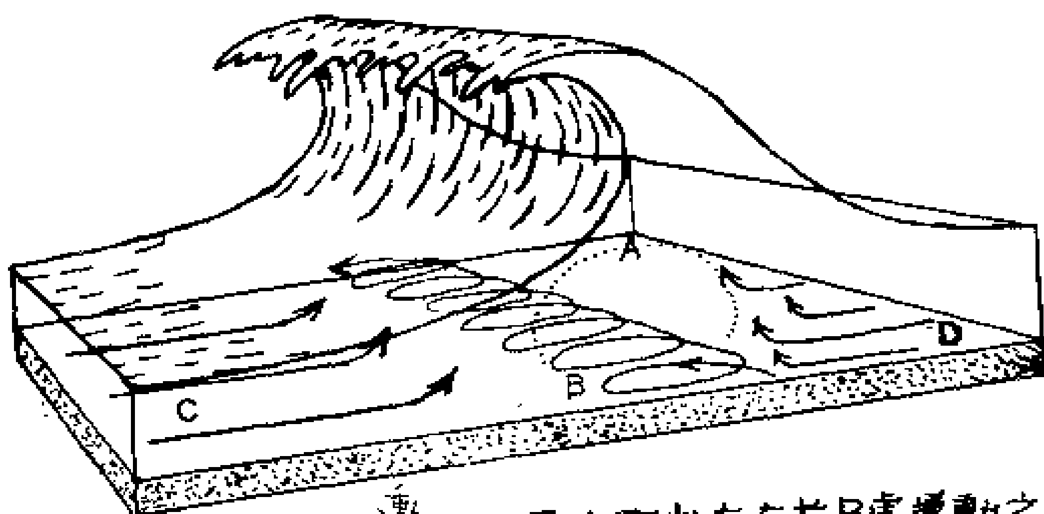
爲了使實驗能在自然情況下完成，於低潮時，在預定的各海邊之前濱及後濱（ inshore ）間採砂樣一百磅，烘乾後，上以紅螢光或綠螢光，由於採樣，上螢光，及再施放於原砂灘上，其間耗費了一段時間，因此標識砂與海灘砂之中徑（ median diameter）總是有所差異，準備好的螢光砂存於在塑膠袋內並充以海水，儘量保存其原有情況，於預算的時間將螢光砂放在前後濱間的斜坡上，通常在碎浪帶及冲激區間選定五至六個施放點

，每次施放約放三至四十磅砂。

採樣站及施放站的地點須依當地波浪及海流情況而定，通常施放於一長方形試驗區的上游地方，採集砂樣時必須有一定的量和速度。採樣時由一人持一木板，上置三吋見方的卡片二十張，卡片上塗以油脂，由另外二人拿卡片在砂灘上距一定的間隔或距離處壓在灘面上，黏起砂粒，再置於板上之相關位置上，以便核定。回至實驗室以短波紫外線觀察，計算出每單位面積上螢光砂的數目，標在地圖上，然後繪出等量綫。

於海灘實驗的同時，必須觀察流速及流向等海洋狀況及沉積情形，以便與追踪所得結果相比較。通常以簡便的方法觀測波浪週淺時之波高，週期，波浪之入射角，沿岸流（ longshore current ）之速度，激流與回流，海灘坡度，及風速等。於上述五試驗地區觀測所得平均週淺波高為三呎，平均沿岸流速度為每秒一呎，沿岸流速度最快的地區位於沖激區及碎浪帶之中間帶，顯示沿岸流是沿著向海及向岸地區間阻力最小的地帶流動。沿岸流速度隨著此區楔形截面積之增加而增大，亦即與灘面坡度成反比。同時沿岸流速度也與波浪進岸之入射角成反比。

三、前、後濱間沉積搬運的概況



圖二.碎浪下顆粒運動情況 最大顆粒存在於B處運動之軌跡為平橢圓形.最細顆粒浮懸於A處,向岸C及向海D運動之顆粒表示了水分子運動的方向.

在平緩海灘所作的追踪，結果顯示在任何波浪情況下，大部份的螢光砂均往外搬運，只有少部份的砂在衝浪區（ surf zone ）運動或搬向沖激區，當沿岸流速度高達每秒一呎時，顆粒的運動方向幾乎與海岸垂直，在沿岸流速度高達每秒二呎至四呎時，帶離岸的砂最後運動方向幾與海岸線平行。

利用電測，已經證實在衝浪區及過渡區（ transition zone）間之下面存在有一層流（ layer flow ），再者，同樣的測量也顯示向海的底流（ bottom currents ）速度通常均超過每秒一點二呎，向海的底流加上重力作用是把砂粒帶向海的主要力量。在砂粒到達碎浪帶之後，便在碎浪點之下沿海岸綫運動（見圖二）。顆粒追踪也顯示了碎浪帶外砂的運動是往內移向碎浪帶。因此海岸附近的地區，沉積砂均往動態區的碎浪帶集中。波浪碎時造成的擾動及渦流可使顆粒小於 0.150 毫米的顆粒呈浮懸狀態，較大的顆粒會在碎浪帶沉積下來。

雖然沿岸流最快的地區是在碎浪帶及沖激區之中間地帶，但是此帶也是砂分散的最大區域，沿岸流是顆粒搬運的主要營力，追踪結果發現只有極少部份的砂搬運方向與沿岸流相反。在平緩砂灘上追踪的結果，發現砂粒運動之方向與路徑變化很大，同樣物理性質的砂粒均相當於某一海灘坡度及動力情況，砂粒運動方向與路徑之變化意味著是在找尋一可到達平衡的位置，早先的研究也證明了這一點，任何一波浪情況及灘面坡度均相當於某一顆粒大小，使砂粒運動之總位移為零。

螢光砂並未直接施放在沖激區，但在所有試驗中均有部份砂會搬運進入沖激區，砂進入此區以後，便沿海岸綫方向移動，並非完全如早先的報告所謂的鋸齒狀運動，通常在沖激區及衝浪區之砂的中經（ median ）有很大的差別，而過渡地區顆粒大小兼具有此雙重特性，沖激流速度與前濱之坡度無關，但與碎浪帶的位置，前後濱之坡度及潮相（ tidal phase ）有關，回流（ backwash ）之速度部份與坡度有關，沖激流之速度主要決定於碎浪帶之位置及波浪週期，若波高一定，隨著碎浪帶往內移及波浪週期之減小而增大。

當有砂洲存在時，螢光砂始終往砂洲上搬運。在砂洲內海溝中的高速度沿岸流阻止了砂粒往外移動，大部份螢光砂在碎浪帶下沿海岸綫移動一段

距離後最後會到達砂洲上，第二碎浪帶也是砂沉積的地方，較小的海底地形如海脊（ridges ），小水路（ runnels ）及較固定的漣痕（ ripple - mark ）等限制了砂粒運動的速率與方向，而較深的小水路在低潮時候也會妨碍强烈的冲激。

漣流（ rip-current ）是一股連續衝向岸的水流，海水在進入碎浪帶以後以高速度衝向海灘上，在所有做過試驗的海灘上均有漣流發生。在Sa-nta Monica 所做的細部追踪顯示漣流是將砂帶出灘面的主要營力，砂在海灘上施放以後，先是沿岸後來變成離岸運動，離岸流方向大大影響了砂粒的搬運方向。

在所有的試驗中均發現有向岸的風，風速由每小時四至十三里，理論及模型試驗均證明向岸的風對淺海所施的應力會造成水底的離岸反流（of-fshore outer current），而導至砂的往外搬運，試驗顯示搬離模型碼頭的砂量與向岸的風速成正比。

不同粒徑的砂粒在固定海灘坡度水動力情況下會被淘選出來，這是海灘上最不易調查的資料。例如，粒徑控制或決定灘面的斜度，然而海灘坡度同時也影響砂粒到達平衡的位置，許多描述，理論及實驗證據均顯示在外灘區有淘選作用，中粒砂的分佈變化指出在碎浪區向岸處也有淘選作用發生，在衝浪區砂粒運動變化多端是在尋找一可達到平衡的位置，例如在Trancas海灘採集的砂樣將其分成粒徑小於 0.25 毫米及大於 0.25 毫米二部份，較粗的以上綠螢光，較細的上以紅螢光，施放粗砂時，大部份均移動至碎浪帶，而所施放的細粒砂則大半在衝浪區沿岸移動。分析更顯示除了碎浪帶以外，海灘上的砂粒均小於 0.20 毫米。

肆、碎浪帶外砂的移動

最近潛水伕及潛水艇觀察的結果發現在陸棚區有沉積向外運動的跡象，目前所有的專家均相信前後濱間的區域是單位時間內砂搬運最大體積的地方。

深水區的動力情況，曾在實驗室中予以模型試驗，發現碎浪帶對於砂粒往外搬運甚爲重要，目前螢光砂追踪應用的範圍侷限於碎浪帶外至海岸

的區域內，但是，却提供了使用於深水區的可能性，南加州大學的J.Vernon 正從事於深水區的螢光砂追踪。

在衝浪區使用螢光砂的技術已經成功地應用到大陸棚區。例如，上有油脂的卡片已經成功地從一百呎深的水底取回砂樣，潛水伕或鋼纜將螢光砂帶至深水底，再將容器打破以施放砂樣。最大的問題在於航海技術上如何定點採樣及施放，目前使用 SCUBA 潛水裝備的潛水伕，水底照像機，以及其他器具使深水沉積追踪已有相當的成就。深水追踪較淺水追踪有一方便之處，在於砂粒移動較慢，可以從容從事。

在淺水區，大部份沉積均向碎浪帶集中，有部份搬向岸上可能是在此水域環境中水平運動在此方向較大的原故。在外濱顆粒分散的速度即平均廻移的速度與衝浪區的速度相差甚大，曾測得在碎浪區以外 275 呎處砂粒移動的平均速度只有每分鐘 1.20 呎。

伍、在人爲結構物周圍砂的運動

海岸工程上的需求，促進近岸區沉積搬運的研究，新的追踪技術已成爲一種最有效的研究方法，爲工程上的需要曾追踪了堤防周圍，以及一較爲封閉性的碎浪區內的砂粒運動。

此試驗堤防具備傳統的型態，伸入海中與海岸垂直，上游一邊有楔形積砂，下游一邊則有侵蝕情況，螢光砂分二點施放於上游區；一點位於碎浪帶內方，而另一點位於前灘斜坡上。在外灘區的砂向岸移動進入碎浪帶通過堤防前端，位於過渡地區（碎浪帶內）的砂被一股漣流沿著堤防上游邊綫帶離海岸。部份砂在堤防之下風處被發現，是由水流經過堤防前端時所產生的渦流帶至此區的。本試驗告訴我們只有當潮夕情況使碎浪帶與堤防相交時，搬運的砂才會被阻碍沉積下來。

在 Santa Monica海濱有堤防與海岸平行，在碎浪帶內曾選二點施放標識砂。此區積砂範圍甚廣，施放的標識砂較粗的被掩埋，而較細的部份則被搬運過碎浪帶沿海岸方向移動。在防波堤內採得的砂顆粒分析結果顯示粗砂在能量較低地區，由於本身重量而沉積下來。中粒砂的量則由內而外逐漸減少。

陸、沉積追踪試驗分析

在沉積追踪工作方面，目前正嘗試着估計標識砂流量以及顆粒速度的測量，此問題或許可以用擴散原理及統計學的方法算出來，但尚有一些更細部的實驗方法。

為了定量追踪所得的資料，必須做下述幾點假設：

(一)標識砂密度所繪成的等值綫完全正確。

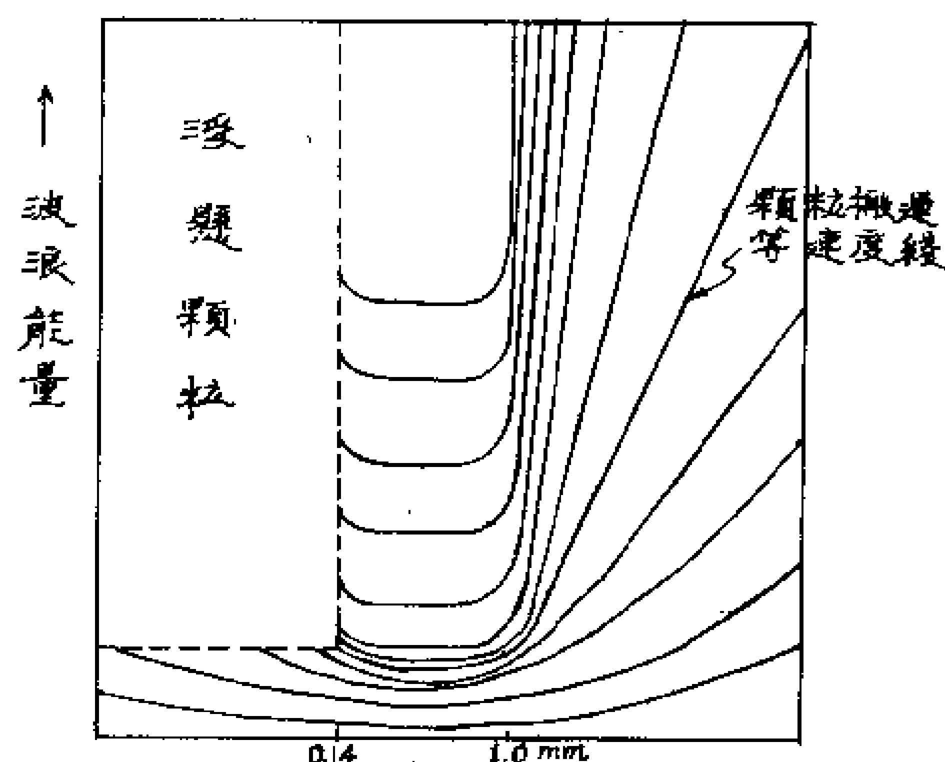
(二)只有極少部份的標識砂被掩埋而未能計數。

(三)近岸區砂的搬運大部份發生於前後濱之間。

標識砂的移動速率則應在平面尺度量二等深淺間的面積，這個數字可用來計算在一定時間內砂的運動速率。

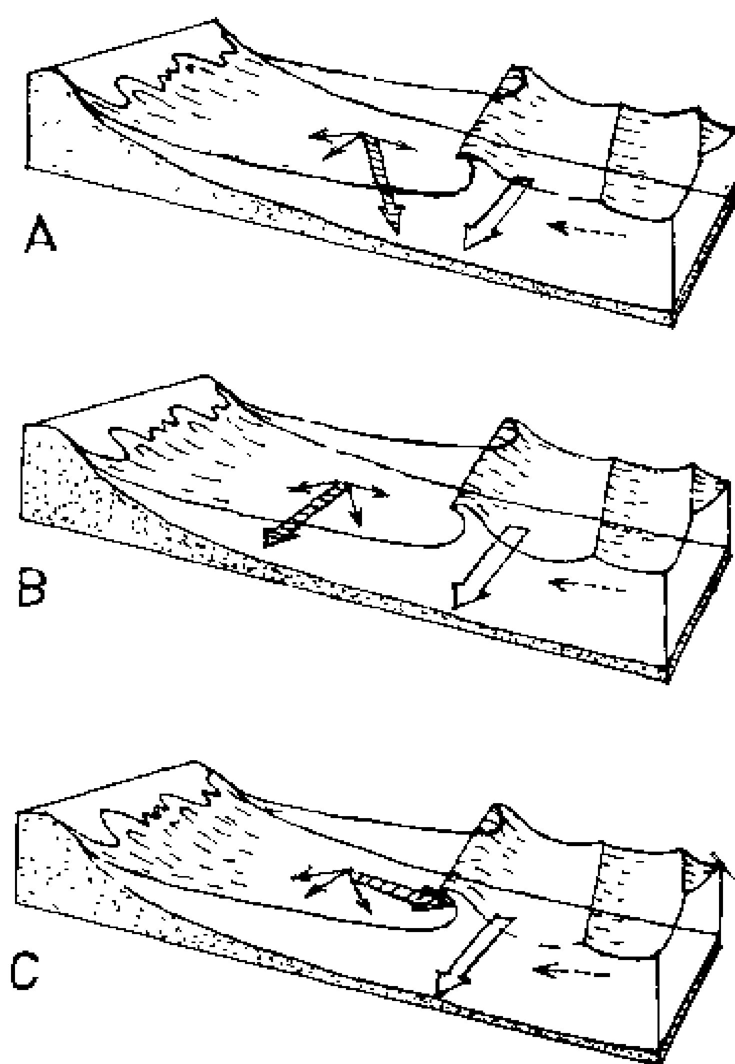
計算所得顆粒速率的平均值介於每分鐘3.6至22.7 呎之間，其頻率分佈也甚為正常。四十五次試驗的結果，其平均值約每分鐘10.0 呎，這個數字約為其相對沿岸流速度的六分之一。

此外尚發現平均顆粒速度隨波浪能量之增加而增大，（見圖三）亦隨



圖三　波浪能量及粒徑與搬運速度之關係。在一定波浪能量以上，粒徑小於0.14mm 者均呈浮懸狀。

碎浪高度及沿岸流速度之增大而增大。更直接的關係是與波浪能量在平行於海岸方向的分量成正比（見圖四），此分量與碎浪高度及入射角有關。此外顆粒移動速率尚與海濱前後濱間楔形截面積成正比。此截面積是碎浪帶位置，潮汐現象及灘面坡度的函數，而灘面坡度是砂粒大小的函數，顆粒大小直接影響其運動速率。



圖四　沿岸流及波浪交互作用下砂移動情形

在前灘上瑩光砂運動主要及次要路徑

碎浪帶下砂粒主要運動路徑

碎浪帶外砂粒運動路徑

A．沿岸流速度及波浪運動作用相等情況下砂粒在衝浪邊運動之情形

B．沿岸流速度較高時砂粒運動情況

C．沿岸流速度小於 1.0呎／秒，波浪進出海灘控制了砂粒運動

遙測海洋學在台灣的展望

林佐欽

一、前言（Introduction）

遙測（Remote sensing）乃是從遙遠的地方，不必觸及目標而加以觀測之謂，人的眼睛天生即有遙測的本能，這是科學觀測技術的原始工具。其後由於顯微鏡之發明，人類得以觀察細微的景物。近年來人造衛星的發展，更將人類的視覺能力提升至數萬公里的太空。不但可以觀察整體的海洋動態，更可一目瞭然影響海洋之大氣運動。陸與海、大氣與海洋間之關係，皆可因衛星遙測技術之發展而獲一全面性、經常性之監視。

自一九七二年七月二十三日，美國太空總署（N.A.S.A.），及地質調查所（U.S.G.S.），將第一顆地球資源技術衛星（Earth Resource Technology Setellite）簡稱（E.R.T.S.），送入環地球之太陽同期軌道中，至今近四年來，已攝取大量的地球影像（Image），經過美國地質調查所（設於南達科他州South Dakota）之地球資源觀測系統資料處理中心（Earth Resouces Observation System Data Center）簡稱（E.R.O.S. Data Center）經由電腦處理此類影像的結果，提供了有關資源，人文及地質等資料，獲益之高，超越了預期之效果，已引起全世界的共同注視與關注。

二、遙測之定義：（Definition of Remote Sensing）

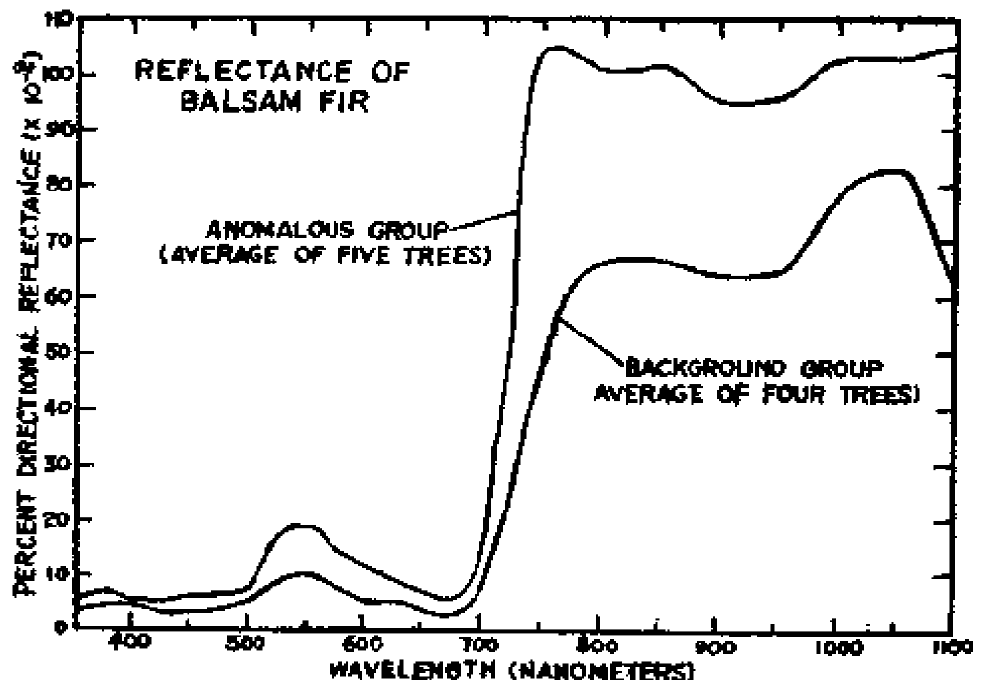
遙測技術之定義乃「使用航空及衛星載台，對地面攝取影像，並用以

探勘地球資源與環境之技術；遙感探測使用電磁波光譜之不同波長，藉不同波長探測能力不同之特性，以測知地面眞實情況。

廣義的遙測則包括磁力、重力、震波，電探等力量領域及電磁波的探測，目前僅專指自遙遠地點，依靠儀器收錄電磁光譜之能力，經由判釋及分析而得有用之地球資源與環境資料，這種遙感探測法，簡稱遙測。

三、遙測之基本原理：(Principle of Remote sensing)

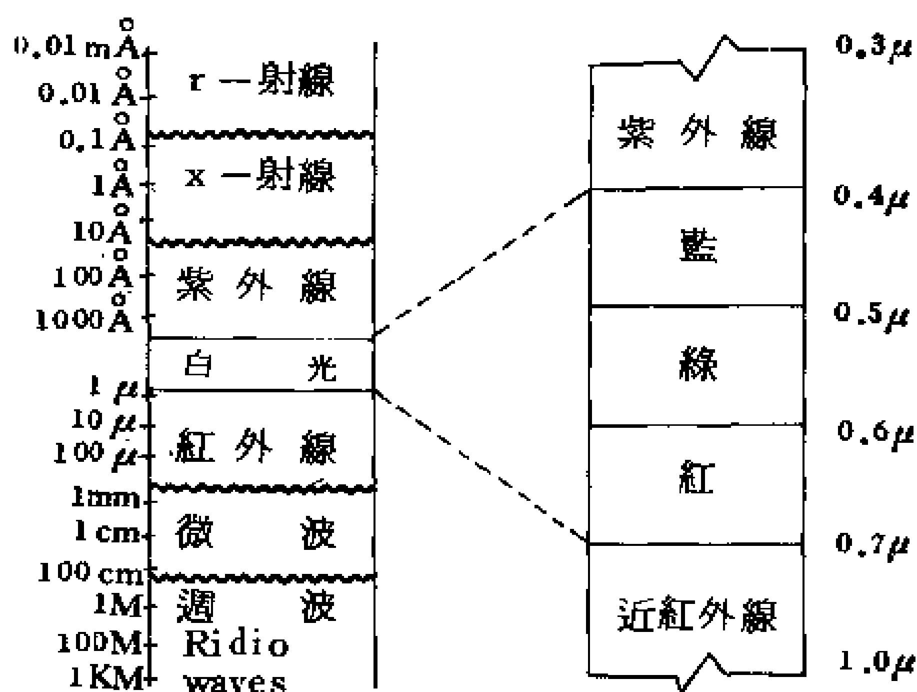
任何物體若大於絕對零度，則能反射、放射、吸收、散射、及穿透電磁能，此類電磁波以放射波的形式傳遞。凡物理性質或化學性質不同的物體，基於該物體的獨特性質，以不同的光譜特性放射能波，此種光譜特性爲該物體之光譜信號。例如綠葉之光譜信號（如圖一）在可見光內顯着的有一峯一谷。峯的位置約在波長 0.55 微米的地方，也就是相當於綠色的位置。谷的位置約在 0.65 微米的地方，也就是相當於紅色的位置 。波長大於 0.7 微米則爲不可見光的範圍。上述理由也說明了爲什麼葉子呈綠色的緣故。上面的例子還告訴我們許多事實，例如：如果人眼可見光的範圍可增長到波長 1.0 微米，則所見的葉子將不是綠色，因爲反射量最多的波長部



圖一 鳳凰樅的反射強度

分是爲紅外光。記載整段的光譜信號可助某物體之鑑定。

人類肉眼可感之電磁光譜僅爲全段電磁光譜中極爲狹短的一段，約爲0.4至0.7微米。遙感技術則已將人類感光能力擴展至紫外光，照像紅外光，熱紅外光，及微波，其最長波之觀測能力已達數厘米（請參閱圖三）。簡言之遙測之感觀能力大多爲不可見光。人類依賴電子儀器不僅可記載



圖二　電磁光譜

許多不可見光，並可將其轉變爲可見之影像，此類不可見光之攝影，大多不使用照像機與底片，而使用掃瞄器及磁帶記錄，此亦吾人稱遙測影像而非像片之區別，另一遙測與照像技術之重大區別在於兩者探索對像之着眼點不同。一般照像着重物體之形狀及空間位置；而遙測除了上述兩者之外，更重視所謂物體的光譜信號（Spectral Signature）。

四、遙測方法之分類：(Classification of Remote Sensing Method)

目前常用的遙測技術包括多鏡頭照相，熱紅外光掃瞄及雷達照像。

(1)多鏡頭照像

多鏡頭照相一般是在每個鏡頭上加一濾光鏡，國內林務局擁有的四鏡頭照像機可使用四個波段同時照像，這四個波段相當於藍光、綠光、紅光及紅外光。任何一個以電磁波感測器研究海洋的人都應瞭解電磁波能量在海水中的穿透情形。考慮電磁波在海水中的衰減係數，告訴科學家，在整個光譜中能夠有效穿透海水，供海洋遙測使用的部份只有0.4到0.6微米一帶。這一帶大約相當於可見光的藍—綠光部份。更多的實驗告知我們，在典型的開放性大洋中，對海水穿透力最强的是藍光，而在海岸附近的海水中就移到綠光了。這說明在探測不同的海水時應該選用不同的光譜段。四鏡頭照像機中的藍綠兩鏡頭正可適用於海洋及沿海區域水面下諸種情況的調查。一般數千呎的航行高度可見水面下七十公尺內的大致變化。因之適用於研究淺海海底地形變遷，沿岸海流挾帶淤砂漂流的型態，沿岸養殖業的規劃，淺礁的探測，海埔新生地的規劃，及建港工程的基本資料收集。紅光及紅外光對海水的穿透力極微，但他們能夠精確的勾劃出水陸的邊界，以及沿岸濕地的分佈。

(2)熱紅外光照像

熱紅外光照像多使用波長8至14 微米的波段。這類儀器接受的是物體輻射的紅外光能量，此輻射能量完全依該物體的溫度而定，與其他因素無關。航空熱紅外光照相可分辨的溫度差在 0.2℃ 以上。此技術適用於探測海流的界限，海水倒灌，海水—淡水之界限，污染物之分佈，海洋放流現象，及船隻所經之軌跡。海流界限之探測決定遠洋漁類集中之可能性。例如黑潮與大陸沿岸流的界限在台灣北部造成渦流及魚群集中的現像即可見於衛星影像。阿波羅太空船更輕易的描出墨西哥灣流的界限。地下水或淡水洩入海水，核子能發電廠之排水及陸地工廠廢水之排洩都伴有海水熱污染，此類細微的熱污染，皆可輕易以熱紅外光攝影發掘。切記，上述現像並非一般照像可見。

(3)雷達照像

雷達使用於海洋學比較有限，在某些波長下可感海洋的溫度，在某些波長下可感海面的崎嶇度。此項技術之使用不受天候及日照的影響，其力

可穿透雲霧，在亞熱帶的地區內最能發揮效力，唯此項技術之使用極為昂貴，因而使用有限，最近發展的雷射照像據稱效力更強，解像力極高，可惜限於機密管制，詳情不得聞。

五、遙測學在我國之研究 (the Reserch of Remote Sensing)

遙測圖在我國可以說濫觴於有航空照像之日。空軍航空照像技術隊，聯勤製圖廠，臺灣省林務局等單位，施行航空測量已有多年，對台灣陸上精確地形圖的測繪，更新，農林省源的估算、控制，均有卓著的績效。

民國六十二年工業技術院礦業研究所王鑫博士，首度將美國地球資源技術衛星的資料引進我國，並攜回大量的台灣區以及大陸區影像，亟力鼓吹推展這門在國外剛發展不久的新技術，使國內各資源開發單位耳目一新。咸認為是一資源清點及環境控制技術的重大突破，因為人造衛星遙測所能函蓋的面積較為廣大，只要兩張影像便能函蓋了大部份的台灣地區，每十八天可重照一次，並且同時可利用四種不同的波段攝取一個目標，其中像光、紅光近紅外光和遠紅外光各波段均有其特殊的效用，各頻帶與地物作用的結果均相異，一時使我們遙測的範圍大為擴張，視野大為開朗。

我們若欲獲得較為細部精確的影像，國內軍方單位目前已有飛機及相機可資運用，林務局航測隊，亦有經常性的航測工作，已可勝任部份工作，若再購進紫外光或藍綠光底片便可運用於海上航照，國內各從事海洋研究單位若能與上述機構配合，同時展開航測和海上採樣作業，則海洋資料，舉凡溫度、鹽度、有機物含量，如葉綠素或色素等之瞬時區域分佈及動態變化均可獲得。對於海洋探測當有甚大的助益。

現今我國經濟部已向美國航空暨太空中心申請加入第二顆地球資源技術衛星的技劃，相信不久國內可以獲得經常性的新影像，若配合衛星飛過台灣上空的時間，以多隻船隻同時採樣則可獲取較廣大海域的動態資料，這項工作是目前可以辦得到的。但需政府主管單位的支持領導，和各海洋研究單位及海岸工程施工單位的密切合作，我國海洋科學，欲求長足進展，此

其時矣！

此外，空軍有經常性的照像技術訓練，所攝得的大批像片若能由軍方取得，則可以做海岸地形變遷，海灘消長的經常性觀察研究，對於海埔地的保育，漂沙的動態變化亦能獲得經常性的瞭解，在安全管制之下，資料充分發揮效用，可以省却不少人力物力。

六、遙測學在海洋之應用：(Remote Sensing Apply to the Ocean)

遙測影像的海域部份，讓我們第一次能一眼望盡台灣週遭的海域，揭示了許多前所未見的影像，諸如台灣北端海域形狀奇特的雲層，不知是否兩個氣團或水團的交界面所造成，曾引起了氣象學家和海洋學家濃厚的興趣。臺灣西海岸明顯的漂沙景像，指出了漂沙的動向和混濁水域的寬度，此等資料若以傳統的探測方式，勢必耗費大量的人力與財力，其所得的結果在時空的代表性必大為遜色，若欲獲得迅速且連續性的廣大地區的動態資料，並不是我們所能輕易辦到的。但是我們花幾塊錢美金的代價便可輕而易舉的取得衛星相片，資料的解釋只要適時配合以小規模的採樣工作。又如東海岸蘭嶼與大武間海域，由雙子星太空船所攝取的影像，發現了有湧升流出現，並經九連研究船證實，此一現像在地球資源技術衛星影像的同一地區，也可見有反常的形像存在，因此遙測在漁業方面確有立桿見影的功效，於大洋上並可用為魚群的追踪，對於魚群動態可提供準確的消息，指導漁船作業，把握漁獲，控制資源。遙測在裝圖及海岸地形的消長變遷更有其特出的價值，台灣西岸，由於水淺，流急，波浪、潮汐變化很大，造成海岸灘地消長迅速，變化多端，人造衛星的影像可以用來隨時修正地圖，更新資料。在環境污染的監視也有甚大的功用，雖然海域廣大，但是污染的踪跡却無從遁形。

遙測海洋學目前仍屬萌芽階段，其特點在於高空往下看，可見整體之現象，且所得之客觀資料可付於定量分析，此類資料蒐集技術，配以高速電腦資料分析。則可保證機動性全面海洋動態之掌握。試想我們如能買一

定位衛星於台灣上空，不斷以電視攝取多光帶影像送返地面，則何種地面動況能逃出眼下。這也正是以阿戰爭中，美國能全盤瞭解戰場動態部隊移動的辦法。

七、遙測學之展望：(Outlook of Remote Sensing)

上述幾種工作均須假以一段時日方能克服困難，進入情況。但有一項工作可以立即着手進行的是，蒐集過去海上探測所得的各種資料，和國內現有的台灣區人造衛星影像，做對比及解釋的工作，解決影像上各未能充分解釋的懸疑問題。

波浪方面，國外現正發展利用主動式的雷達波經過臭氧層的反射從陸上遙測大洋中人力無法經常達到區域的海面的洶湧程度，以算出當地的浪高，此項技術離完美境地雖然尚有一段距離，但是已有某個程度的成功，且正繼續改進發展中。

利用遙測技術做各種探測，雖然與傳統的或現有的研究方法及探勘技術不甚相同，但是只要能獲得我們要求的資料，或協助我們以較快的方式瞭解廣大區域的真質狀況及動態變化，應該是可以接受的，何況遙測應用各種感測器可以見我們前所未見的現象，擴展我們的探測領域。

除了台灣地區的衛星影像，我們尚可利用現有的大陸沿岸地區的影像，從事匪區各地海岸狀況港灣設施的瞭解，以充實或更新現有的資料。

國內各學界許多有識之士正大力推動此項技術的應用，加上目前政府出面領導，我國遙測技術的全面推展，和發揮廣大的效用，當指日可待！

板殼構造與礦床

胡念祖

前　　言

公元一九一二年，魏格納（ Alfred Wegener ）提出了「古陸」（ Pangaea ）的假說。一九六〇年，海斯（Hess）主張「薄的海洋地殼與地函之間有極密切的關係，它是由地函中藉著部份融熔與簡單的化學改變而形成。這些海洋地殼繼續不斷的在中洋脊的頂處由地函中產生，並在海溝處被吸回地函。」一九六一、一九六二年，戴玆（ Dietz ）和海斯再度提出關於海底擴張的基本觀念。一九六〇年代以後，板殼構造觀念繼海底擴張學說之後，被一些實在的證據支持而出現於地質界。

短短的十數年間，板殼構造的思想在地質界造成了很大的影響力，人們試圖用此思想去解決一切的地質問題：火山的分佈，地震的分佈，海岸的地形，大陸的褶曲，等等。現在我們又發現板塊構造和礦床之間似乎有著某種關係，如果我們能夠確實地掌握了這種關係，那對我們人類在礦物的應用上豈不是一大突破嗎？

這篇文章是登載於一九七五年九月五日和十二日的〃Science〃雜誌上，原作者爲Allen L. Hammond 。譯者不揣學淺，特將此篇專門討論板殼構造與礦物，礦床之間關係的文章全文譯出，以觀其全貌，並請各位師長，同學不吝指教。

爲使閱讀方便計，特附上世界全圖一幀（圖二），板殼構造圖兩幀（圖三與圖四），南、北美洲地質構造圖各一（圖五與圖六）。

一、觀念上的革命

石油價格的激烈上漲和美國生產量的下降（註一），已經引起了人們

對其它主要工業原料供應的注意，特別是對各種礦物。雖然立刻短缺的情形還不至於發生，但是有關方面已經對美國依賴其他國家來供應鉻、鎂等金屬的程度表示關切。此外，影響採礦業與礦石處理之高含量礦床的枯竭和環境的限制條例，它們則會逐漸增加對礦物利用的束縛。

但很可喜的是，由於在礦物沈積的研究上所帶來的新觀念，正重新地引起了人們對礦物探討的興趣。對地球地殼演化所做的板殼構造模式之新思想在經濟地質學上造成了衝擊。譬如：現在已知的許多礦床乃是存在於現在或過去的巨大地殼板塊之邊緣上，這些板塊的運動形成了或是再度地形成了地球的表面。有人提出說：有什麼礦物會形成，和它們位於地殼何處，主要是依據某地區的構造歷史；而關於此作用的幾種模式已經提出了。同樣的，有人認爲：海水與漸冷的火山岩之間的交互作用乃是一種主要的媒介，藉著它，許多金屬被引出並集中而爲有經濟價值的礦體。因此要瞭解礦石沈積的地球化學，其鎖鑰是在於熱液的作用上，而不是在於岩漿的作用上。這些及其它的主張已經激起了許多更詳盡的調查研究。許多地質學家們都相信，這些發展預兆了對礦物來源基本上的新理解，並將成爲礦產探勘新紀元中的科學基礎。

並不是所有的礦床都適合於這種新的概念結構，但是金屬礦床許多主要的種類（ classes ）都可以用它的說法加以解釋。雖然仍是爭論不休，但是發展中的理論模式在化學、礦物學和這些礦床的地層位置上提供了較

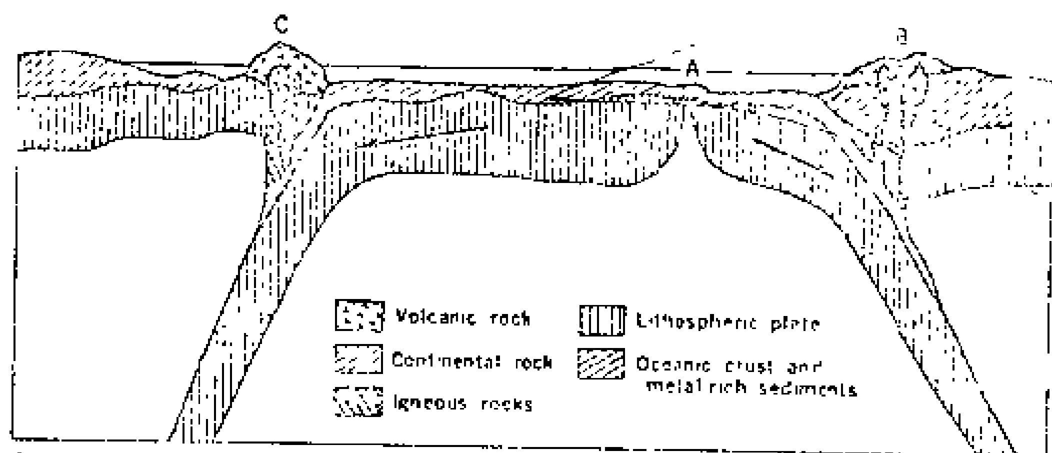


Fig. 1. Schematic showing three different ore-forming environments and the plate-tectonic phenomena postulated to give rise to them: (A) a mid-ocean ridge or rise, (B) a subduction zone underlying a continent[illegible], and (C) a subduction zone underlying an island arc. Arrows indicate direction of motion of the plates.

詳細的解釋，如此更由它可以得到大量的線索來尋找仍然未被發現的礦床，它有一些在礦物工業上也正提供了試驗性的用途。它們在地球地殼的演化上也有所啓示，一些研究者在現代與較古老的礦體之間所發現的相似點，可以做爲「構造作用在現代地質年代中與過去所有的地質歷史中並沒有什麼不同」的證據。

由金屬礦床是存在火山岩和火成岩之中，及它們和這些岩石是同時形成的觀點來看，現在廣泛的承認許多金屬礦床是來自於火山的起源。依照板塊構造學說，火山作用發生在幾種環境之中：㈠在分離的板塊邊緣（中洋脊或其它海底擴張處），此處地函物質上昇而形成新的海洋地殼；㈡在滙合的邊緣，此處地殼板塊以一種名爲隱沒（subduction）的作用下降進入地函，引起火山作用而形成山脈或海洋島弧；㈢不太經常的，在上昇的地函物質柱（plumes ）所造成的熱點之上。（圖一）可能除了最後一個以外，這些作用的每一種現在都被認爲可以造成礦床的一個或數個的特殊型式。

其中最清楚的例子之一——它在經濟地質學家們的思想上給予最主要的衝擊——就是發現在地中海的塞浦路斯島（Cyprus）上，它很久以來就是銅的豐富產地（註二）。在塞浦路斯Troodos區的這個硫化銅礦有著一種獨特的岩石順序：在頂部是一種形成於海洋底部的沉積物；沉積物之下是當熔融的火山物質噴入海水之時所形成的枕狀融岩流；再下去是當海底有斷裂或缺口，而被來自下方的火山物質所充塡而形成的垂直玄武岩席（sheets）或岩脈；在底部則是超鐵鎂質岩石（富含鐵和鎂），相信它是地函的表徵。這種岩石型式的連續對地質學家來說叫做「蛇綠岩序」（ophiolitic sequence）。就在經濟地質學家們承認硫化銅礦床是塞浦路斯島上此種岩石中不可分的一部份時，其它的地質學家們也承認蛇綠岩序確是形成於中洋脊處。因此現在認爲Troodos區乃是一大塊未經改變的海洋地殼，當塞浦路斯形成時衝上來的，而他所含有的礦床乃被認爲是那些形成於中洋脊處的礦床的代表。

礦物包括有銅的硫化物，鐵，偶爾夾於枕狀融岩流之間的鋅，接近超鐵鎂層頂端的小塊或小豆狀的鉻石，和在超鐵鎂岩石中的石綿礦床。雖然在塞浦路斯並沒有發現紅土狀鎳礦，但是它們有時可在海洋地殼的剖面中

發現，在那裡，超鐵鎂岩石（它富含鎳）曾經被暴露與風化過。Troodos型的礦床可以在世界上許多地方發現到，包括美國東北部和加拿大東部。它們年齡的範圍可從塞浦路斯島地質上的年輕礦床直到產生於六億年前較老之礦床。

礦床的第二種主要的型式——名爲斑岩銅礦的大體積低含量礦床——普通是與匯合地塊的邊緣共生。有一個主要的例子是在安地斯山(Andes)（註三）內一個範圍廣大之銅礦，此處向東移動的太平洋海洋地殼衝入向西移動之南美大陸的較輕物質之下。相信向下運動之海洋地塊的部份熔融產生了岩漿，它上昇通過覆蓋於其上的大陸岩石，有時會達到表面而形成火山。這些侵入於大陸圍岩之中的岩漿，其管狀莖或核心的上部常常含有銅和鉬，有時也有金和銀。有幾個學者已經在研究這種作用，他們有前智利聖地牙哥地質調查所，現在倫敦皇家學院的Richard Sillitoe；維及尼亞州雷絲頓美國地質調查所的P. W. Guild；牛津大學的Andrew Mitchell；和倫敦地質科學研究所的M. S. Garson。他們認爲斑岩礦床的形成乃是在該處產生火成岩作用中的一個正常過程。譬如，Sillitoe認爲斑岩礦床的金屬起初是混合在中洋脊處的海洋地殼之中，藉著地塊的移動而被水平的搬運，然後當向下運動的地塊被加熱時而被釋放出來的。

世界上一半以上的銅都來自於斑岩銅礦。除了在安地斯山的斑岩銅礦以外，在北美洲的西部，歐洲阿爾卑斯帶（Alpin belt）的一部份，和在伊朗及巴基斯坦都有此礦床。雖然正常的都是與大陸岩石共生，但是在一些西南太平洋的較大火山島上也有發現斑岩銅礦。這些礦床在地質上大多數都很年輕，年齡上不超過兩億年。然而，在北美洲東北部也發現了經過高度侵蝕而遺留下來較老的礦床。但是縱使是在最豐富的斑岩礦中，銅的含量也很少有超過百分之一，百分之零點五是比較普通的。所以開採工作就得處理大量噸數的礦石和使用萃取法。與斑岩礦床共生的海洋地殼進入地函的隱沒作用及伴隨的岩漿活動是如此的強烈顯著，以至於它已經成爲了探勘工作的基礎。但是在亞利桑那州的斑岩礦床也許是一個重要的特例，照亞利桑那州立大學的J. David Lowell所說，此地並沒有隱沒區域的證據出現。最近幾年，新的斑岩礦床在琉球，巴拿馬和不列顛哥倫比亞都有發現（註四）。

第三種特殊型式的礦床是以塊狀的硫化物爲著名，因爲它們經常以巨大的，幾乎完全呈透鏡狀的高含量礦床出現。發現在近代的島弧和一些地質上較老並且已經混入大陸邊緣之內的島弧物質之中。這些礦床像斑岩銅礦一般，與兩個地塊的滙合共生。它們是典型地多金屬的（polymetallic），含有銅、鋅、鉛、金和銀。

向研究者揭開了這些塊狀硫化物之起源的標準礦床是位於日本之東北部。這些黑色的Kuroko 礦石（翻成日文再譯爲中文是「黑子」之意，此處就名之爲「黑礦」）被認爲是藉著海底火山作用而形成，並在火山島鏈演化史的後期中沈積於淺、近岸的環境裡。與此礦床共生的火山岩有著相當高度的演化，並且經常含有來自爆炸噴發的碎屑物。這些礦床中也時常可以發現海洋沈積物。

塊狀硫化物礦床的第二個變種——Besshi 型——也發現在島弧之上。（譯者按：Besshi譯成中文地名是「別子礦山」，它位於日本四國島愛媛縣的東邊。）別子銅和硫化鐵礦像黑礦一樣，一般認爲是海底火山的噴發，但是在它們演化的早期沈積於火山的海中斜坡之上。還有一些種類和亞種的島弧礦床可以依照這些島的碎塊（fragments）它們演化中的各階段來區分出來。事實上，Mitchell 和J. D. Bell及牛津大學曾經提出了一個「過程模式」，描述了七個階段。他們提供了在島弧上所發現的黑礦型和別子型的塊狀硫化物、斑岩銅礦和外成礦床（exogenous mineral deposits 它們和週圍的火山岩在不同的時間內形成）的發生時間與伴隨礦物。

當地塊移動時，島弧也許會被捲進並混入大地地塊之中。因爲大陸的碰撞，所以在現在的大陸內部發現了島弧的碎屑物並不是一件值得驚訝的事。但是它俱有重大的意義，因爲第二個主要的塊狀硫化物及貴重金屬礦床的來源，就是在大陸古前寒武代地區裡所發現的所謂綠岩帶（greenstone belt）之中。這些「帶」自古以來就是世界礦物財富的巨大來源，它所有的豐富礦床包含有鐵礦，重要的金礦，銅和鋅，和鉛及銀礦。

相信前寒武代的礦床也像較年輕的塊狀硫化物礦床一樣，是來自海底火山作用的結果。而與這些古代礦床共生的火山岩也顯示出與那些島弧岩石之間俱有化學和礦物學上的相似處。因此某些地質學家們相信綠岩帶就代表著古代的島弧。因爲一些加拿大帶的定齡可以回溯到至少三十億年之

前，而這必暗示著說與產生現代島弧相似的構造原因在大部份地球歷史中的存在，這個結論至今仍然有所爭論。（請參閱附—「板塊構造可以回溯到何時」的短文，文中專門討論此項爭論。）如果地殼板塊在六億年或更早以前的前寒武代時確實存在的話，它們很明顯的小得多，並且可能為數要多一些；綠岩帶大致為數百公里長，而不是像現代的島弧有數千公里長。總之，在年老礦床與年輕礦床型式之間的相似點和相異點對探勘上也許是很重要的——探勘那想必是較古老的岩石，它們位於大陸上部之下，大都尚未探勘調查過。

最後一種礦床——它的構造起源大都是猜測的——是那些被認為是形成於地塊之中，而不是在邊緣上的礦床。關於這種礦床，所提出的原因是：地函物質上昇通過地殼而形成熱點的侵入，這也許是那被假設為地塊運動推動力的地函柱所造成的結果。學者認為，熱點也許加熱了地殼岩石，使得沈積物或地殼物質中的金屬產生流動，而集中和沈積於近地表之處。例如，Guild 提出密西西比峽谷的富含鉛、鋅之礦床可能是來自於此種方式。Guild 相信在某些例子中，礦物本身是來自於地函，藉著地函柱的熱而被向上推送，穿過地殼。例如，鑽石、鈮和一些稀土礦床，它們和地函物質的爆炸噴發一同來到地面，這可能可以歸因於地函柱的動力原因。來自地函的熱，也許靠近隱沒區域上昇，它可能提供了熱源來使下部地殼岩石中的金屬流動，並在某些情況下集中它們形成礦床。這種動力原因被提出來解釋北美洲西部的礦物由西向東漸由銅為主，轉變為以鉛、銀為主，以及錫礦只在地球上少數的幾個區域中重覆的出現的情形。

最驚人的實例乃是David F. Strong和他在聖約翰（譯者按：聖約翰是紐芬蘭東南端的一個城市）的紀念大學的同事們將礦物形成的新模式應用在紐芬蘭（註五）。按照地塊構造學說，在大約兩億年之前，當大西洋裂開和北美洲從歐亞大陸分離之前，北美洲東部的阿帕拉契山脈和英國及挪威的凱利多尼安山脈（Caledonian range 或稱為加里東山系，此字本義為「古蘇格蘭的」）形成一條連續的山帶（mountain belt）。雖然這個古代的山脈是如何形成的細節仍然還有爭論，但是基本的過程被認為是一個已存在的海洋或是「原大西洋」（proto Atlantic），在大約六億年和四億五千萬年之間的裂開及最後的合攏。因為紐芬蘭正跨在阿帕拉契山

——凱利多尼安山脈上，所以它在許多方面都成為一個很理想的實驗室，用以調查牽涉到了大量的海洋地殼形成與破壞的構造循環是如何地影響到金屬礦床之形成。

紐芬蘭的研究者發現，在此島上大多數的礦床都可以用特殊的「板塊構造起源」來分類。它們包括蛇綠火成岩石族中的Troodos型，島弧的代表性火山岩之黑礦型，沈積於火成岩中的斑岩銅礦，和密西西比峽谷型的鉛鋅礦。

紐芬蘭的地質很複雜，礦末分佈遍於各種年代與地點。島的東部與西部主要是以古前寒武代岩石所組成（老於六億年），而中間部份則是較現代的起源，形成於原大西洋變動之時，並當海洋盆地消失之際夾於較老的地殼中。沿島的西部邊緣是石灰岩和白雲岩，它們有一些含有密西西比峽谷型的鉛鋅礦。這些岩石很明顯的是當原大西洋時代的早期之時沈積於淺水之中。在西部海岸也有Troodos型的蛇綠火成岩，表示了海洋地殼的地塊曾經衝上而覆蓋在石灰岩與前寒武岩石之上。含礦的蛇綠火成岩帶在紐芬蘭的中部也有發現，是含黑礦型式的多金屬礦床之火山岩。在島的東部是斑岩礦床，很明顯的它是在紐芬蘭的歷史後期置於此處的，當古洋最後合攏時，海洋地塊被隱沒在大陸地殼之下。研究者所看到的鉛鋅礦床位於西部，然後是銅礦和鐵礦，再是重疊在一起的銅、鋅、鉛、金及銀礦帶，最後是在東部的銅、鉬和錫的礦床。

依據Strong 所說，這種具有可以確認出板塊構造起源的礦床型式，可能在全部的阿帕拉契——凱利多尼安山脈中都相當地普遍。從挪威到阿拉巴馬州都可以發現含有鉛與鋅的石灰岩，它們始終是位於山脈的最西部邊緣上。延著山脈的縱長也有延伸的是蛇綠火成岩，並且在許多地方它與Troodos型的銅礦和硫化鐵共生。照Strong 所說，已知存在的多金屬島弧礦床分佈的更為廣泛，但是似乎是位於阿帕拉契山脈的中央和東部。錫存在於阿拉巴馬州和維及尼亞州，而這益發的靠東部了。Stong認為，對阿帕拉契山脈而言，礦物的型式限定了構造的模式，特別是由此山帶的構造中，隱沒帶呈東南向傾斜的存在所暗示出來的意義。他相信，它們在礦物的的探勘上也有所暗示，因為在挪威所有的發現，能夠引導在紐芬蘭和田那西州得到相似的發現，且反之亦然。事實上，在過去的數年間，紐芬

蘭和加拿大的東部都已經加速了探勘與調查的工作。

礦物形成的新模式距離圓滿仍然甚遠，並且離可完全接受的程度也仍然有著一段距離。正有更新的概念被提出，它是關於所牽涉到的地球化學作用與海水所扮演的角色，而這些將是第二部分的主題。但是在板塊構造學說和礦物成因論之間所出現的綜合體，其最具意義的乃是此觀點——在這個資源饑乏的世界裡，礦物的探勘能夠藉著對礦物的「如何生成」，或許是「在何處」作更為詳盡的瞭解，因而增加對它的引導。

註一：據資料，美國在一九七四年的石油日產量為八百七十六萬五千兩百八十二桶，而一九七五年則為日產八百三十四萬五千桶，降低了百分之四點八之多。

二、海水與礦床的形成

經過數十年來政府的控制與安定之後，近幾年來，金價開始劇烈的上漲，這種偏高的價格刺激了對金子探勘的新興趣。碰巧由於對形成礦床的地球化學作了深入的研究，也引發經濟地質學家對金礦的新興趣，並對它們的起源產生了新的理論。此兩者的配合註定了採金礦上的改革。

在許多方面，上面所說有關於金的事，它們都是對礦床地質學和地球化學的許多觀點進行重新思量的特點；海洋學的研究，熱流的測量，岩心的採樣，和許許多多的地球化學研究，均提供了證據——海洋對地殼的作用，其規模比起我們以前所想像的還要大的多。數個研究者曾經提出說，此種作用是板塊構造作用，和地殼內揮發物與包括金屬在內的其他元素之全球性循環的基礎。明確的說，注意力已經集中在海水從冷卻中的火山岩石中萃取金屬並增加其濃度的任務。

現在某些地質學家們認為金礦中有一種重要的種類，其來源是藉著海水的作用而像沈積物一般沈積於海底。除了在南非的巨大沙積礦床（placer deposits）外，富金礦（ lode gold deposits ）——它典型的是由石英脈（ veins ）或富礦脈（ lode ）中開採出來的——是此種貴重金屬最重要的來源。最豐富的礦床是發現在古代綠岩帶和片岩帶中，還有像是在澳大利亞西部的Kalgoorlie ，巴西的Morro Velho ，加拿大Porcupine 的安大

略區和Kirkland湖，南達科他州的Homestake礦。小一點但是地質上相似的礦床像是在加州，存在於較年輕岩石中的Mother Lode。

如果這種新的意見是正確的，那麼金子是藉著海水，而從海底上新形成的火山岩中萃取出來的。然後金子像海底沈積物一般，與某些特殊的鐵礦物一同沈積下來，再被更多的火山岩所掩蓋。雖然不論對較老的岩石其解釋是否正確，這些岩石是與島弧相伴的型式，但前寒武代的岩石就大有疑問了，它們通常也含有銅、鉛，和鋅礦。略倫敦地方（譯者按：倫敦是在安大略東北地方的一個市，擁有人口大約爲十七萬人。）的西安大略大學的Richard W. Hutchinson說：金似乎分佈的相當平均，而且是低濃度，遍佈於火山堆積底部的一層原始火山岩中。各種沈積物與其他的地球化學指示物均證實了含金層是形成於海底環境中的事實。

現在認爲在許多的例子中，礦脈和富礦脈的形成是當含金的火山岩石後來遭受變形與再受熱時，其裂縫被來自週圍岩石中的石英，或其它的物質，和金所充塡。從此觀點來說，礦脈乃是金礦到它們形成的地質歷史中的加工物，藉著通過岩石的水循環，金被集中成爲礦脈，當原始礦床安定下來時，此種作用不斷重覆的發生。因此到目前爲止，採礦業唯一的注意力是放在較大的，低含量的次生型態的礦床上。因爲偏高的金價，所以可能使用露天開採法或處理大量礦砂的技術來開採低含量的礦床，好像現在用在某些銅礦來收回全部的金的方法一樣。據報導有幾家礦業公司，特別是在加拿大的，正考慮採用這一類的方式。

其他的金屬礦床似乎也經過像金一樣的複雜演化。據西安大略大學的Bryan Fryer說：卽使是其後的各種作用可能決定了「何處」和「何種形式」的礦床會眞正的存在，火成岩石和沈積物的海水萃取作用在形成鎢、錫、銅和銀的初步集中上也許是相當的重要。似乎大家開始相信，在海水中集中金屬礦床比我們一向所相信的在熔融的岩石中要容易，雖然，火山作用的存在被認爲是熱源和最終的，金屬本身來源的要素。

奧勒岡州立大學的John B. Corliss提出了此作用的一個模式。他說：海水滲透進入新形成的海底火山岩石的裂縫中，受到漸冷的岩石中所得到的熱之驅動，形成了一個廣泛的熱液循環。海水與岩石作用，在化學上改變了它們，並且釋放出了金屬。海水中的氯藉著形成可溶性的金屬——

氯複合物來幫助萃取金屬。然後海水將金屬輸送到海床，在合適的情況下，它們被沈澱而形成富含金屬的沈積物。熱液循環作用可能深深地貫穿進入火山物質中，也許到十公里之深，吸取金屬並改變岩石的礦物組成。

西安大略大學的William S. Fyfe和牛津大學的E.T.C. Spooner 也曾經提出相似的意見。譬如，他們指出海水不僅供應氯來幫助溶解金屬，並且也供應硫酸鹽形式的硫和二氧化碳，它們在海底的上表層轉變爲固定。當滷水回到海底之時，硫酸鹽就幫助金屬的沈澱。

很久以來，經濟地質學家就知道金屬在各種火成岩中都是以微量出現，但是它們如何被集中成爲礦床，到現在仍是一項爭論。有證據說，在許多例子中熱液循環可能確實爲集中的動力原因。海底火山作用主要是發生在形成新海洋地殼的中洋脊處，及在隱沒帶上方的島弧處。海洋學家已經注意到在中洋脊上的傳導熱流（conducted heat flow）常常是異常的低，大家都同意此種想法，就是大多數的熱都被熱液循環所傳導走。從中洋脊翼所挖到的岩石顯示了符合於此假說的化學改變證據。並且去年（一九七四）夏天深海鑽探計劃（Deep Sea Drilling Project）在接近中大西洋脊處所採到岩心，其初步的結果也符合。

有幾個在海底的活動熱液系統已經知道了。紅海是一個剛剛開始的海底擴張中心，也許是我們對熱液系統最有研究的地方。從一九六六年起，至少有三個美國探險隊和一個德國隊伍曾經到過這個區域。霧次候海洋研究所的David A. Ross 說，在接近海底的地方曾經採到攝氏六十度的滷水樣品。循環的型式好像是在翼部爲向下流，它令人注目的地方是有很厚的鹽沈積；而靠近斷裂谷帶的中心則是向上流的。海底上的沈積物，特別是在認爲可以促進沈澱的幾個封閉盆地中之一裡，富含銅、鉛，和鋅，可以達到五十米的深度。金屬存在的數量證實了萃取作用的效果。譬如在方圓五十平方公里的Atlantis Ⅱ deep（deep 乃是指海底上明顯可辨識的沈降地區）的海底上，估計有三百萬噸的鋅，一百萬噸的銅，差不多也有一百萬噸的鉛，和大約五千噸的銀，它們總值大約有二十億美金。濱臨紅海的沙烏地阿拉伯和蘇丹已經簽署了一項協定來分這海底的資源，據報導有一項處理這些礦物的方法正在研討之中。

封閉的盆地與紅海熱液循環的極高鹽度造成了特別的資源。譬如開放

的海洋其鹽度就無法達到紅海所有的。一但含金屬的滷水到達海洋裏，它會再度地被稀釋與分散。但是研究者相信，相似的作用在海底上也會發生。去年夏天，法國的科學家以潛水沿著中大西洋脊觀察到一個他們相信是暫時無活動的熱浪循環系統。還有一些研究船隻最近報告，在太平洋的一個海底擴張中心 Gal'apagos斷裂谷中有一個活動的熱液循環的證據。更詳細調查Gal'apagos 的計劃正在進行著，包括以潛水艇下降到斷裂谷區來採集從海底出現的液體和分析它們的礦物含量。

以前的熱液系統的其它證據是來自於加拿大的古代火山帶中的多金屬塊狀硫化物礦床。據加拿大地質調查所的 R. H. Ridler 說，將一種他名為 exhalites 的滷水沈積物從與其共生的這些礦床中區分出來是可能的。這些沈積物形成一種獨特的型式，含礦的硫化物在帶的中間，然後碳酸鹽在其兩側，最後是氧化物在兩個邊上。Ridler 相信，這種沈積物的型式是因為為一個海底熱液循環的出口週圍的地區中其酸性、氧化電位，和溫度有所變化而形成。包括金屬硫化物在內的較不易溶解之物種沈積於最靠近出口之處，次為碳酸鹽類，最後是氧化物。Ridler 已經能夠沿著加拿大的礦物帶追踪 exhalite 達數百公里。這些過去的熱液系統的標誌，現在被用來做探勘之用。

只要我們提到海水從海底火山岩中萃取金屬，那麼是什麼因素控制了何種金屬會被萃取，就仍然無法解釋。但是許多熱液系統的地球化學理論研究者與實驗研究者都正在進行研究。雖然如此，這種作用已被認爲是發現在塞浦路斯，與擴張中心有關的 Troodos 型礦床；年輕的塊狀硫化物礦床，它與隱沒帶上的島弧共生；和許多較老的塊狀硫化物礦床，及貴重金屬礦形成的原因。

海水與地殼物質的相互作用，和它在礦物形成上的意義，也許超過了熱液系統的存在。Fyfe 相信，與海水有關的化學反應並不侷限在擴張中心的附近區域，而是當海洋地塊運動時繼續的存在。特別是他相信海洋地殼上部的岩石不斷地改變其組成和變得更與水化合，結合在大量的水和其他的揮發物之中。因爲大部份新形成的海洋地殼最後都被隱沒而回到地函之中，所以板殼構造作用會將海水從海洋中移去。照 Fyfe 所說，如果沒有回復的話，此作用將以每三億年到五億年的速率消耗掉一個洋。 因此

Fyfe 面臨了地殼與水圈之間，水和其它揮發物巨大的變動，這在火山岩、火成岩，和它們在隱沒帶之上的礦床的形成可能很重要。例如，海洋地殼的融熔被隱沒，被認爲乃是藉著板塊上部所存在的海水的幫助。

前文中所述對地塊構造的礦物形成作用之重新評估太爲廣泛，使得這些作用與地球演化的更基本研究之間很難區分。例如，有些研究者正在調查此種想法——地球的海洋並不是由於地函失水而漸漸演化，而是在這星球的早期歷史中形成的，並從那時起慢慢的縮小。由礦物的證據可以支持它們的可能性。因此不論新的礦床成因思想是否可以改進我們發現與萃取金屬的能力，並且它們是可能的，這種想法將使得未來數年間的地質學充滿了朝氣。

註　釋

註二：塞普路斯即代表「銅」意，它早已因其礦床而馳名於世。銅礦的開發早在羅馬時代，甚至在腓尼基人時代即爲重要工業。古代礦區廢石中硫化銅的青綠斑點早已引起現代探勘者的留意。在一九六五到一九七〇年間，礦業平均年產爲鐵、鉻鐵礦、石膏各百萬噸，黃銅礦十五萬噸，及十萬噸的精鍊銅，其價值在一九七〇年爲美金三千萬元。

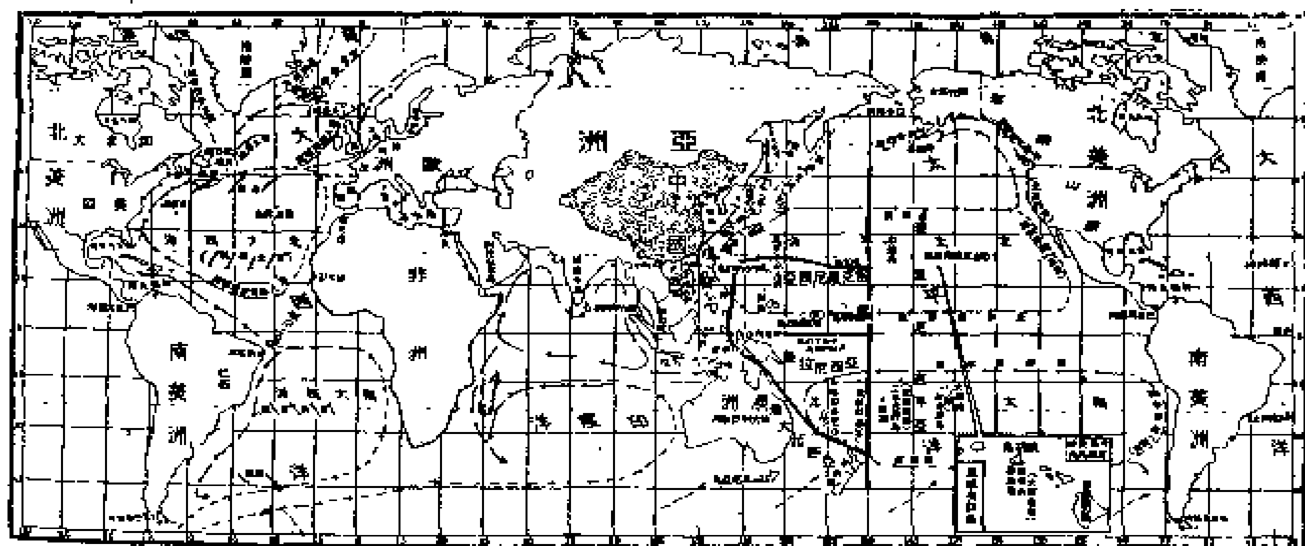
註三：南美西部的安地斯山脈與北美西部的落磯山脈，同爲第三紀造山運動所造成的新褶曲山脈，但它比落磯山脈更高，更緊湊。

註四：位於南美大陸塊西部邊緣的智利於一九六九年銅產量爲一年六十八萬七千公噸，居世界第四位，鐵產量爲七百五十萬公噸。又據一九七二年統計之資料，智利產銅七十一萬七千公噸，產鐵七百一十四萬公噸，銅產量爲世界第五位。而臺灣亦位於地塊隱沒帶附近，因此東部的許多礦產都與海洋地塊的介入有關，例如奇美的斑岩銅礦體，產於豐田超基性蛇紋岩中的玉。

加拿大在行政區域上分爲十個省和兩個地方。十省在南部，兩個地方在北部。不列顛哥倫比亞是一省，因以前屬英國直轄殖民地，所以沿稱不列顛。

註五：行政區域上，紐芬蘭包括對岸的拉布拉多，原是英國殖民地，

於公元一九四八年經民族自決而加入加拿大，成爲加國的第十省。



圖二：世界全圖

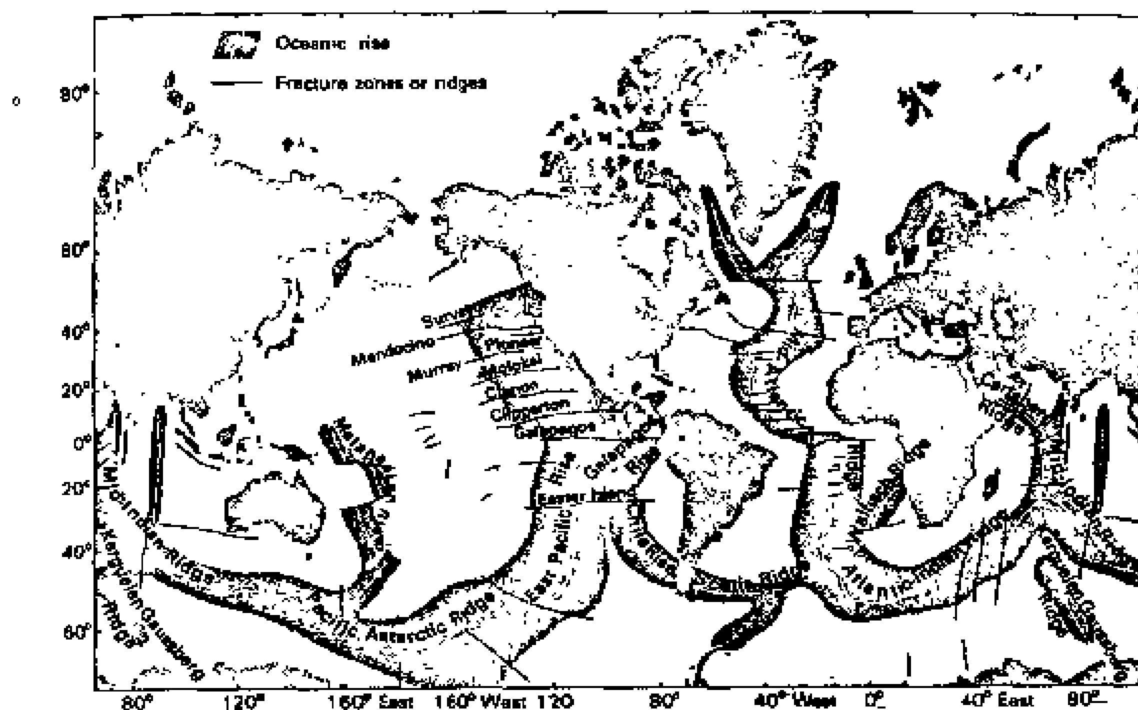
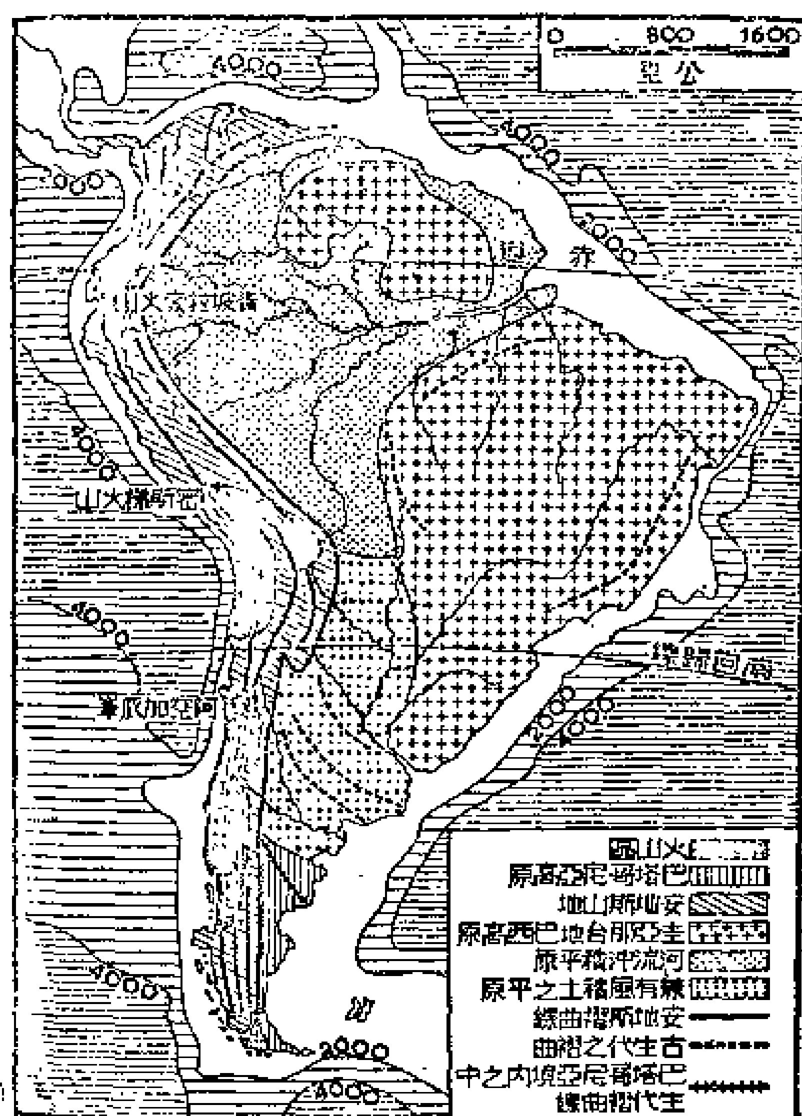


FIGURE 3 *Major mid-ocean submarine ridge and rise systems, the island arcs of the northern and western Pacific and Indonesia, and some of the major fracture zones in the ocean floor (After H. W. Menard, 1965.)*

Fig. 4　Summary of recent earthquake activity. The earthquake belts outline aseismic, quasi-rigid areas or "plates" bounded by the ridge crests, faults, trench systems, and zones of compression. The six major plates are named. Spreading rates at ridge crests are indicated schematically and vary from 1 centimeter per year per ridge flank in the vicinity of Iceland to 6 centimeters per year in the equatorial Pacific.

第五圖　北美構造圖



第六圖 南美的構造和地形圖

海洋礦產資源探採之趨勢

陳汝勤

海洋礦產資源主要產於三個海洋區域即海灘，大陸棚及深海海床，在海灘中之重砂常含磁鐵礦，鈦鐵礦，鋯石（ zircon ）等，有時砂金、白金、錫礦、鎢礦、釷礦（獨居石）、金剛石亦可能存在，在大陸棚主要的礦產除石油天然氣外，磷灰石、重晶石等亦爲主要的礦產資源。此外大陸棚上的沉積物富含碳酸鈣可以作爲製造水泥的原料，在深海沉積物中錳核最富經濟價値，近年來引起各國政府及礦業公司的注意。

錳核（ Manganese nodules ）是大約在一百年前，由英國的研究船挑戰者號（ Challenger ）環球探測時首先發現的。後來由於化學分析技術之進步使得錳核內微量元素的含量能夠很快的被分析出來，學者發現其中含有約達百分之一的鈷、銅和鎳，同時由於工業上的需要，人們已把陸地上的高級礦耗用殆盡，所以各種低品位的礦床也在不斷的被開採中，在較淺海底中存在的錳核自然就成爲一種有經濟價値的礦產資源了。

鐵錳氧化物可成下列幾種形式存在：(1)核狀微粒（ micronodule ）(2)核狀體（ nodule ）(3)片狀體（ slab ）(4)殼狀體（ crust ）。核狀微粒直徑大約在一毫米左右，一般是散佈在海底沉積物中，核狀體的大小一般可達二十厘（直徑）但有些較平的核狀體可長達一公尺。通常在錳核內有不同的層次包圍著內核，這些內核可由浮石（ pumice）魚骨或是堅固的沉積物組成。許多錳核常呈完美的球體，有些錳核上常有裂縫，而成八片相等的部份。

在太平洋海底所發現的一些錳核，其化學成份如表一所示，但應注意：錳核成份隨地區之變化很大。海底中錳核之形成一般都認爲是內核受鐵錳氧化物之包裹添加而成，此種添加而增加之速率目前尚無定論，有的學者認爲添加率約爲每一千年增厚 01-.1 毫米，但有人認爲每一千年可增厚一毫米左右。

海底表層錳核之分佈，可以利用深海照相機來研究，一般所採用之海底照相機有兩種：一種是比較簡單的，就是將照相機和閃光燈裝置在垂直

表一：太平洋錳核之化學組成（濃度以重量百分比表示）

元素		最大值	最小值	平均
硼	B	0.06	0.007	0.029
鈉	Na	4.7	1.5	2.6
鎂	Mg	2.4	1.0	1.7
鋁	Al	6.9	0.8	2.9
矽	Si	20.1	1.3	9.4
鉀	K	3.1	0.3	0.8
鈣	Ca	4.4	0.8	1.9
硒	Sc	0.003	0.001	0.001
鈦	Ti	1.7	0.11	0.67
釩	V	0.11	0.021	0.054
鉻	Cr	0.007	0.001	0.001
錳	Mn	77.0	8.2	24.2
鐵	Fe	26.6	2.4	14.0
鈷	Co	2.3	0.014	0.35
鎳	Ni	2.0	0.16	0.99
銅	Cu	1.6	0.028	0.53
鋅	Zn	0.08	0.04	0.047
鎵	Ga	0.003	0.0002	0.001
鍶	Sr	0.16	0.024	0.081
釔	Y	0.045	0.0033	0.016
鋯	Zr	0.12	0.009	0.063
鉬	Mo	0.15	0.01	0.052
銀	Ag	0.0006	—	0.0003
鋇	Ba	0.64	0.08	0.18
鑭	La	0.024	0 009	0.016
鐿	Yb	0.0066	0.0013	0.0031
鉛	Pb	0.36	0.02	0.09
在 500°C 時燃燒損失量		39.0	15.5	25.8

架上，另一種爲金字塔形的骨架，裝置著照相機、閃光燈懸浮物濃度測定儀（ nephelometer ）和洋流計（ current meter），如要估計海底錳核分佈之比例需將在各測站所照的相片資料，平均觀察研究，通常在每一測站都需要海底照相十五到廿張，這些相片資料平均之結果可作爲研判測站地區照相所及之面積上錳核函蓋之百分率。

我國海洋研究船九連號曾在台灣東部之菲律賓海，水深二九〇〇公尺及五七〇〇公尺兩測站採得錳核標本，它們均具鈣十字石核心，其化學成份如下：

≧Fe_2O_3 16.61－23.22％，MnO_2 15.87－34.26％，Ni 1500－3200ppm，
Cu 825－1940ppm，Co 1280－4000ppm，

此等錳核之形成可能由錳及其他過渡元素受到催化性之氧化而被吸附於適當之深海面上，上覆之海水及底下沉積物中錳之上移（由於物理化學梯度）均可加速錳核之成長。

海底錳核可以由船舶使用吸引挖泥機（ suction dredge ）來開採，據最近之報導美國某些廠商已在夏威夷附近開採錳核。據 Granville （1974）之估計到一九八五年，世界鈷產量之50％及鎳產量之18％可能由錳核中提鍊出來。

海域石油地質

孟昭彝

一、石油地質學

「石油」包括原油和天然氣，都屬於「化石燃料」。是千百萬年前的生物遺骸，埋藏於地下，在氧氣供應不充份的還原性環境下經「嫌氧細菌作用」分解爲碳氫化合物。經地殼內的壓力、熱力等作用的演變和地殼活動發生的地層褶皺，斷層情況、使油、氣集聚成油田。經鑽探獲知其儲量爲有經營價值時，即予採取、開發是石油工業中最重要的先鋒。

近代海、陸油藏的發現，都靠地質、地球物理、鑽探工程專家不斷努力於探測各方面資料的獲得與精確的解釋判斷，始克有成。石油探勘在今日地質新理論的倡興，地球物理學、地球化學新技術，新儀器的創新，改良情況下，使此大量投資企業的冒險性，漸趨降低，提高了世界性海域石油探勘的興趣，希望能探獲比陸上已發現的更爲廣濶豐富油藏。最近「能源缺乏」聲中，更加强烈刺激與鼓勵。

二、探油着重的地質條件

海、陸域探油着重地質條件，實無差異，須注意探勘區內有無生油環境，優良的儲油岩層和適當的封閉條件：

(一)是否有生成油氣的環境？

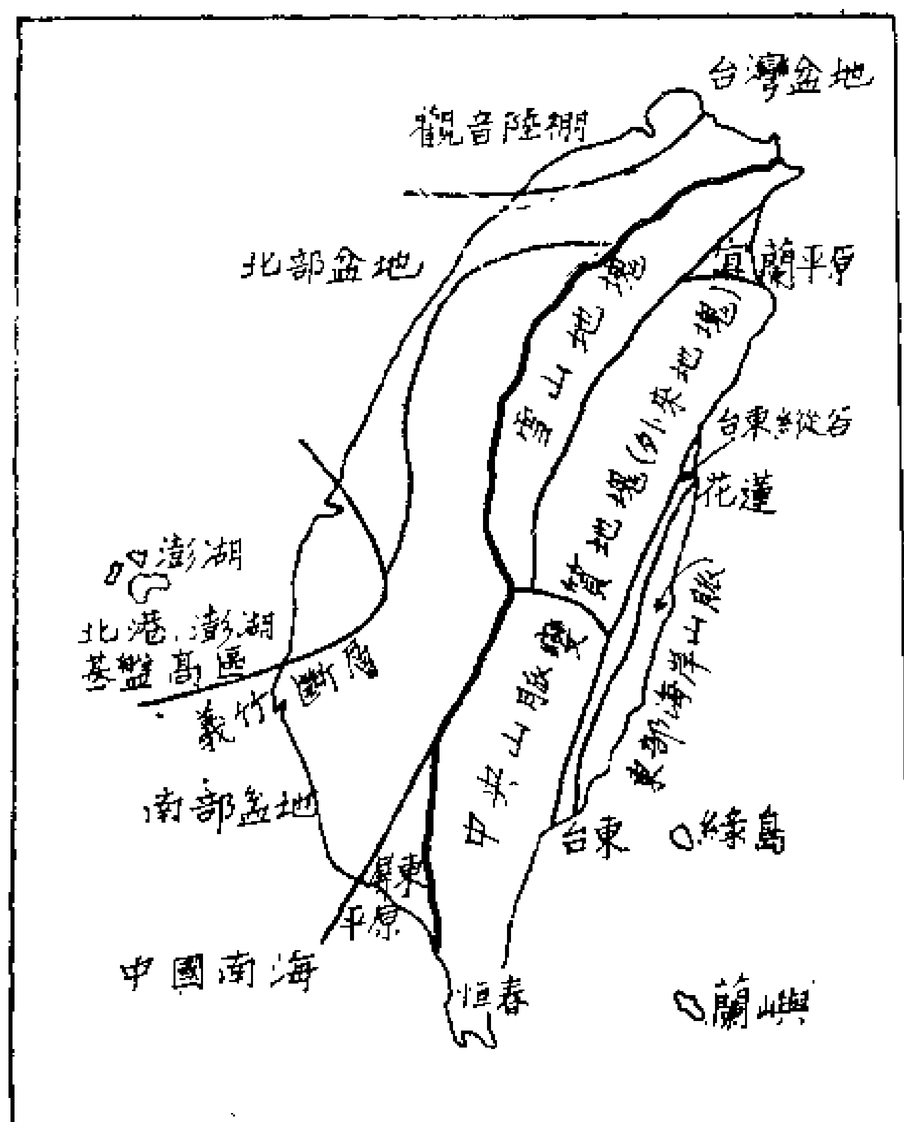
油氣的生成依最近研究，一般認爲屬生物的來源。在長期地質年代的過程中，曾有龐大數目的遺骸，包括海內生長大小型的生物，以及陸上的動植物等，幸未遭氧化破壞被埋藏於細泥裡，再經長時期自然的物理、化學；壓力溫度的演變步驟，在適當情況下，形成油氣的母體，分散存在於母岩內。進一步的演變成爲原油、天然氣與地層空隙中的水伴生的流體。但如不經流動聚集是不會具經濟價值的。探勘階段中須證明有無石油母岩

的存在，才能推斷是否成為油氣的機會。

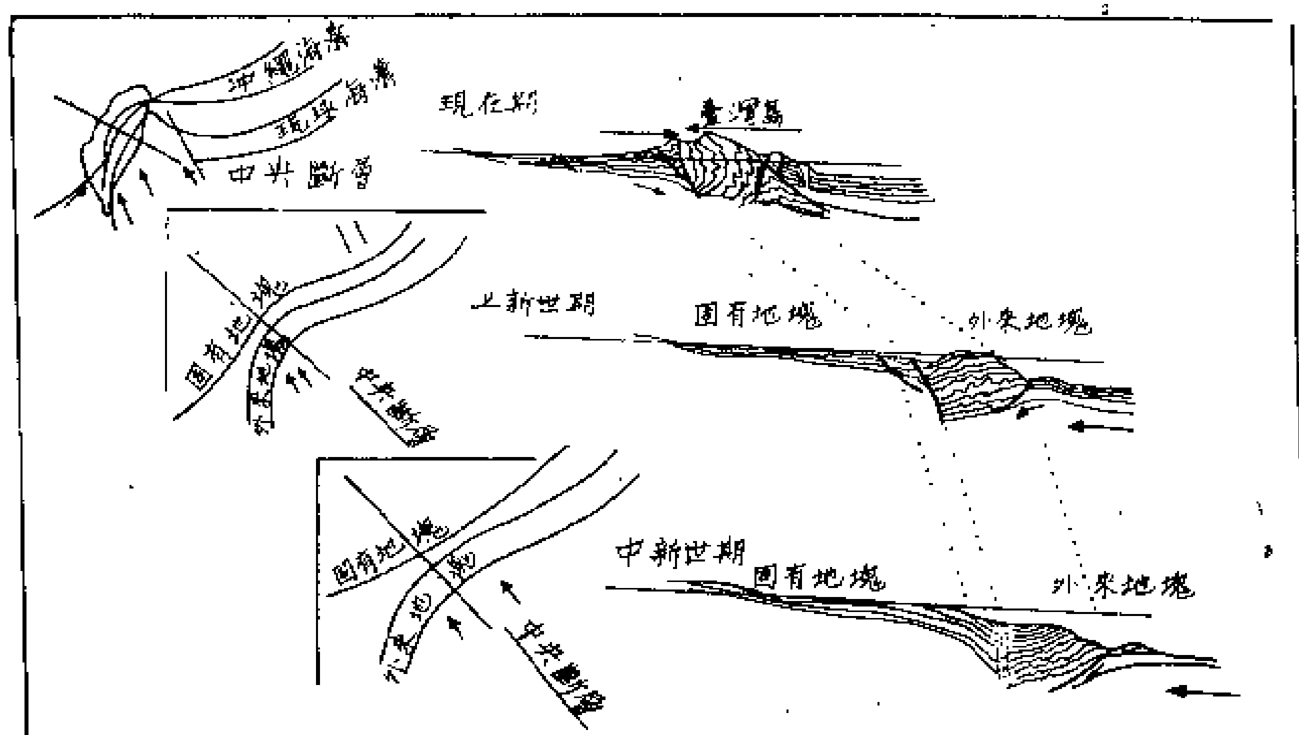
目前石油母岩方面的研究，有很大的進步，可由鑽井岩樣的分析，以定其成油原始生物究屬於動物性或植物性？其能遭遇壓力或「古地溫」等測定是否宜於成油的條件。非如過去僅憑臆斷。

㈡有無優良儲油層？

所謂「儲油層」是指一般疏鬆的岩層而言，凡寓含空隙能容納油、氣和水在其中自由流動聚集的地層，種類不限。一般優良儲油層：如沉積系統中的潔淨砂岩和生物作用形成的珊瑚礁石灰岩等。石油母岩裡排擠出，轉移容納於附近疏鬆儲油層內，分佈廣濶。一旦地殼發生活動，儲油層內的流體續同流動，至適合停聚處所，油氣陸續滙聚形成油田。



圖一　臺灣及其附近可能儲油氣盆地位置



圖二 臺灣島受菲律賓海盆地塊向西北推移之發展步驟

㈢適宜的「封閉」條件：

適合石油停聚不致逃逸的情況，稱之爲「封閉」。油氣較隨同流動的水輕，因地殼活動使地層發生褶曲，斷裂或地層性質變化等，都可使在儲油層內流動過程的油氣被阻，而停留於向上彎拱，且具緻密地層掩護的「構造」裡。如鳥被罩於籠中，油氣被局限於封閉情況裡，不致逃逸。

使地層向上彎拱，往往因地層擠壓拱起，或地層錯斷截切，亦形成類似上拱封閉的情況，均稱之爲「構造封閉」。而於地層沉積作用發生厚薄或疏密不均等，亦可使油氣停滯不前的情形，稱之爲「地層封閉」。探油者注意及各種封閉形成油田的條件。

三、臺灣附近海域石油探勘技術

臺灣海峽和中國東海大陸棚海底的沉積盆地，範圍廣濶，沉積物深厚，因緊鄰中國大陸邊際，有閩江、錢塘江、長江等大河流自中生代以降供

給大量陸上沖來物質，內含有機物甚豐，且盆地邊際多爲近海環境，亦適於生物繁殖，生油條件應屬良好。儲油情況亦屬理想，因儲油層物質來源可溯自中國大陸閩浙沿海中生代火成岩山地，其岩層沉積物構成潔淨粗粒砂岩爲甚佳之儲油層。

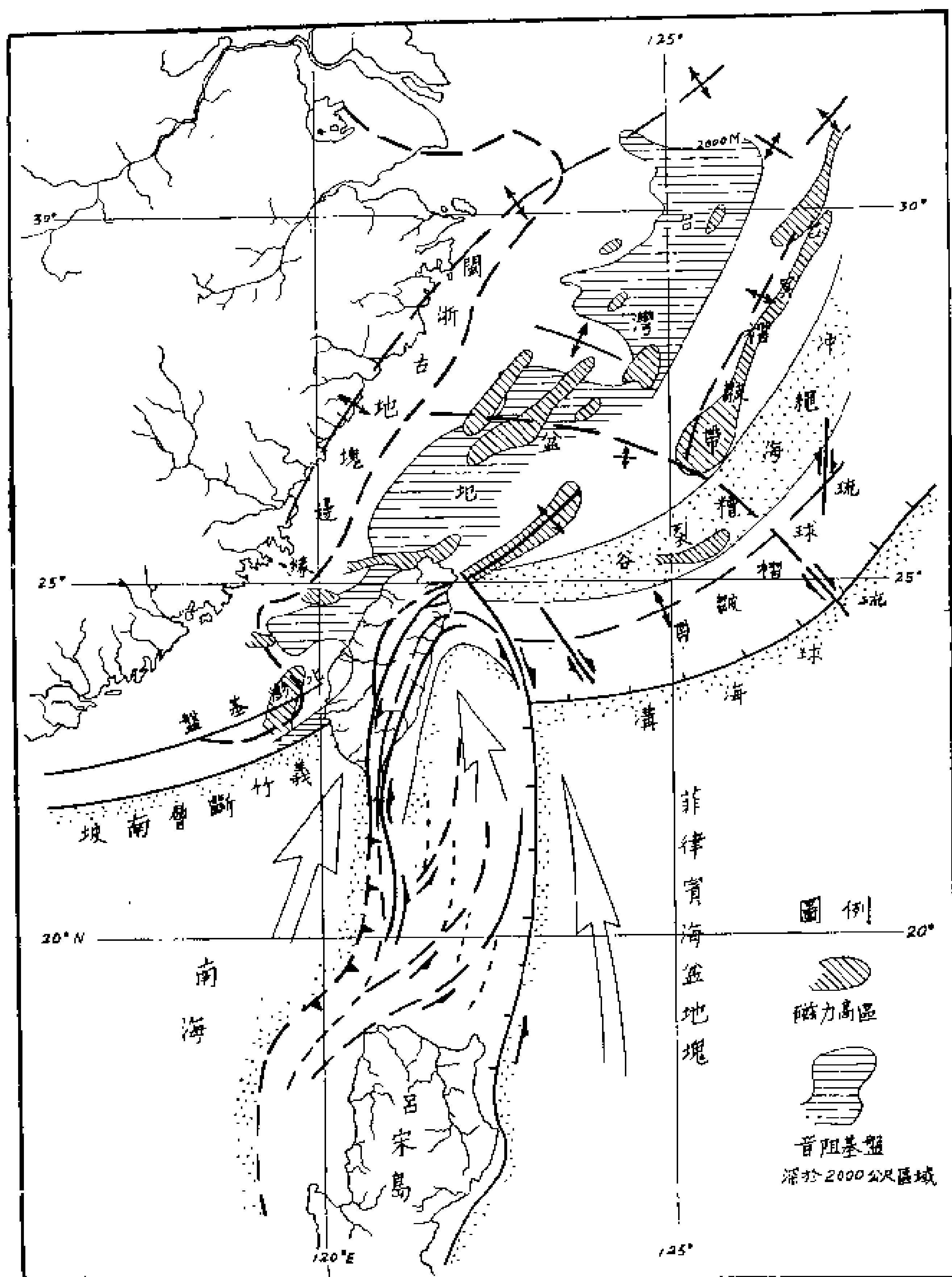
臺灣及我國海域涵蓋可能儲聚石油區域，可分爲三個沉積盆地：㈠臺灣以北，東海大陸棚下之「臺灣北方海域盆地」，㈡介於北港一澎湖基盤高區觀音陸棚之「北部盆地」，㈢臺灣以北港一澎湖基盤高區延及臺灣淺灘（Taiwan Bank）以南的「南部盆地」。

對於沉積盆地的範圍、盆地發育過程，實承受「太平洋西部活動帶」產生强烈地球動力影響甚烈。

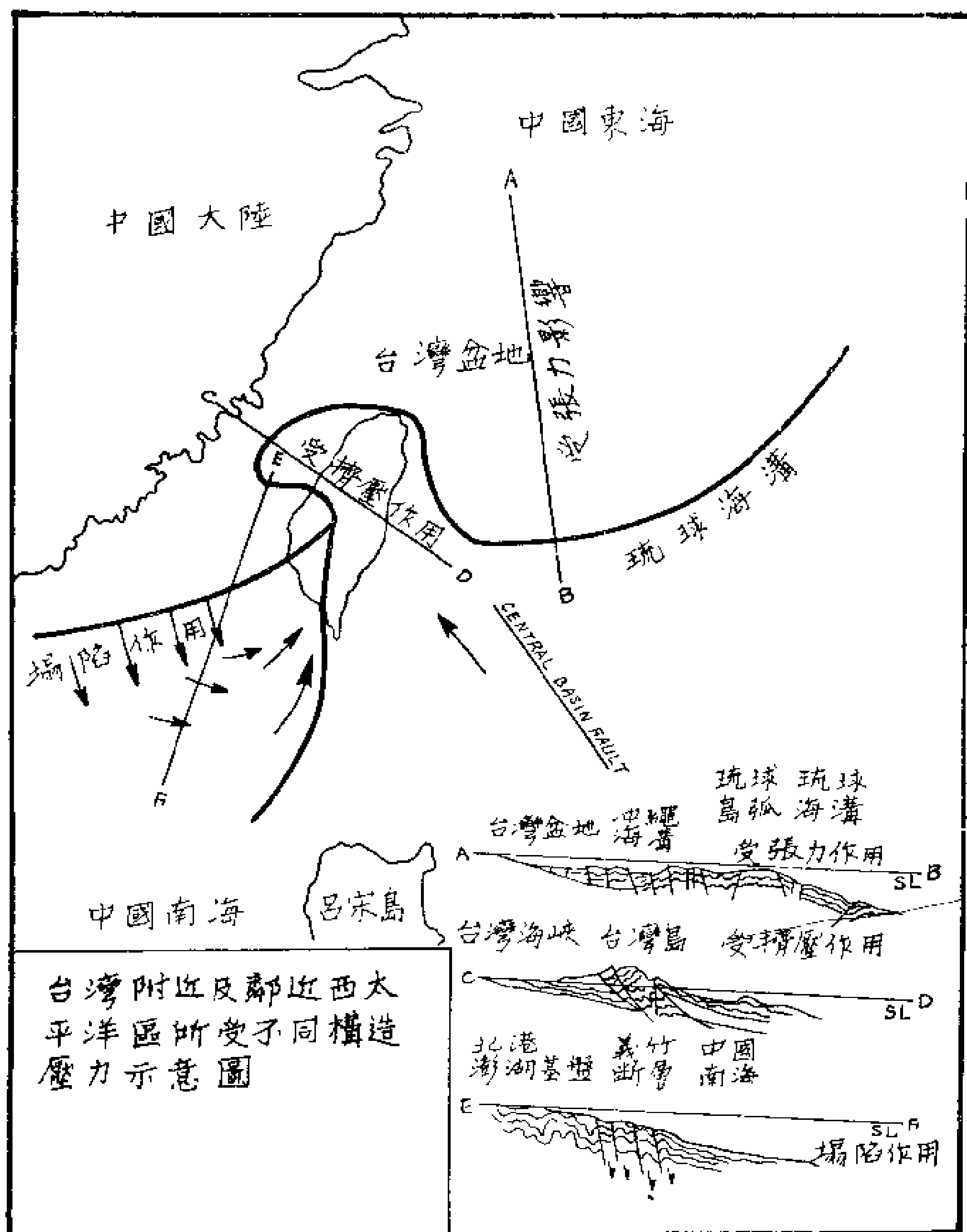
概臺灣島以東，受太平洋西部活動帶之「菲律賓海盆地塊」Philippine Sea Plate向西北推移之邊緣，臺灣島受向西擠壓擁成高山島體。同時島之東側亦被携帶北移至花蓮向東轉折與琉球相聯，形成琉球島弧之顯著隱沒帶（Subduction Zone）

受此複雜影響，㈠東海大陸棚下之「臺灣北方海域盆地」內之構造多屬擴張性之斷層與褶皺。㈡介於北港澎湖基盤高區與觀音陸棚之「北部盆地」承受臺灣本島被推擠之構造變形。㈢北港一澎湖基盤高區延及臺灣淺灘以南之「南部盆地」因該基盤之昇起，發生塌落（Collapsing）與褶皺。三區所受應變情形不同，對於石油聚集之各式構造與地層封閉之影響亦異，探油者至感興趣，不慮無各種地質設想試探之機會。總之臺灣附近海域探獲油氣以不同地質理論衡量，前途實甚光明。

石油探勘在理論根據與技術進展情況下，益趨於克服過去遭遇之諸多困難和缺陷。雖然仍不免於耗鉅貲於鑽乾井失敗之原因，實由於至今尙未能確實把握藏於地下油氣活動與地殼運動在時、空間配合之機會，須作多方研判以科學或然率有利之衡斷，預卜下定鑽井位置與深度，而一旦成功，其所導致者可能獲遇甚豐廣之油田，卽探勘之最後目的也。



圖三　臺灣附近各盆地受太平洋西部活動之發育位置圖



圖四 臺灣附近各盆地受不同應變作用與影響圖

海域石油開發與儲運

靳叔彥

自從一八五九年美國人在賓州開鑿第一口井以來，全世界陸上石油探勘到現在已有一百十六年。由於陸上面積有限，同時又因爲海域有廣大之沉積盆地，非常適合石油之生成與蘊藏，故近十多年來，石油之開發已逐漸由陸上發展到海域。

因爲海域環境特殊，開發投資極爲龐大，生產成本高昂，一口海域井之成本，爲陸上油井數倍，由於經濟及技術限制，故以往海域鑽井多在水深不到一百公尺之淺海地帶進行。

一九七三年後半年中東戰爭促使阿拉伯國家實施石油禁運和提高油價，各國爲掌握油源乃更積極進行石油探勘開發，至於探勘開發區域，則在廣大的大陸礁層地帶積極進行。

海域石油開發工作可說是集天文、地理、工程技術等人類智慧之大成。依世界海域開發多年來的工作經驗，我們可綜合海域石油開發步驟如下：

一、鑽鑿證實井

在海域礦區內鑽探野貓井，如發現有油氣，並不能即刻開發，必須經過地質的研判，確定地下構造面積，目標層次，厚度等主要條件在構造之縱橫兩方面鑽鑿證實井多口，以確定油層蘊藏數量。同時實施電測、採取岩樣、液樣以實驗儲油氣層之性質，如儲油層之孔隙率、滲透率、含水率等，更須做地層測驗工作，瞭解生產油氣之能力，和地層壓力變化情形，以便研究油氣生產動態。

二、油氣蘊量與生產能力之計算

儲油氣層之岩性及地層壓力，溫度情況，均爲估算蘊藏量與生產能力

之重要資料，故應透過鑽井採取岩樣，實施電測及地層測驗等，求得可靠之估計油層資料。其重要因素如下：

㈠孔隙率：油或氣在地層裏是儲存在岩石顆粒與顆粒之間的空隙中。岩石的孔隙之大小與油氣儲存量有直接關係。為了便於表示孔隙的大小，我們以孔隙的體積與岩石總體積之百分比稱為孔隙率。但岩石中，有孔隙常並不一定表示有油氣，所有孔隙必須連通才有可能儲藏油氣。岩石中含油氣數量多少，不能只靠孔隙率來計算。因為岩石中之空隙除了孔率之外還有裂縫。也是一重要的儲油處所。故有時試驗岩心時雖然孔隙率很小。但因裂縫多，仍然有大量油蘊。

㈡滲透率：油氣或地層流體在油層中之流動能率稱為滲透率。雖然岩石孔隙中有油氣，但孔隙中之油氣還要有流動性質才能生產，故滲透率乃是生產能力之指標。

㈢液體飽和率：岩石除了有油氣外還有地層水存在，一般儲油層孔隙中之含水量約在10％至50％之間，超過此飽和率，則油氣與水同時生產，而水產量過多時，氣生產量便相對減少，而影響經濟價值。

㈣油氣地層體積因數：在標準狀態下，油氣體積與其在地下地層溫度與壓力下之體積之比，亦為估算油氣蘊藏量之重要因素之一。

㈤蘊量：在開發初期，因無生產過程之溫度壓力變化資料，故蘊藏量之計算，均採用體積法，此法是利用電測及岩石分析獲得總體積、孔隙率、流體飽和率等資料，而由流體分析決定原油體積因素在原始狀況下，單位容積油層應有油氣量為：

$$Q_o = AH\phi(1-SW)/B_o$$

$$Q_g = AH\phi(1-SW)/B_g$$

Q_o ＝原油蘊藏量，公秉

Q_g ＝天然氣蘊藏量，立方公尺

A ＝面積，平方公尺

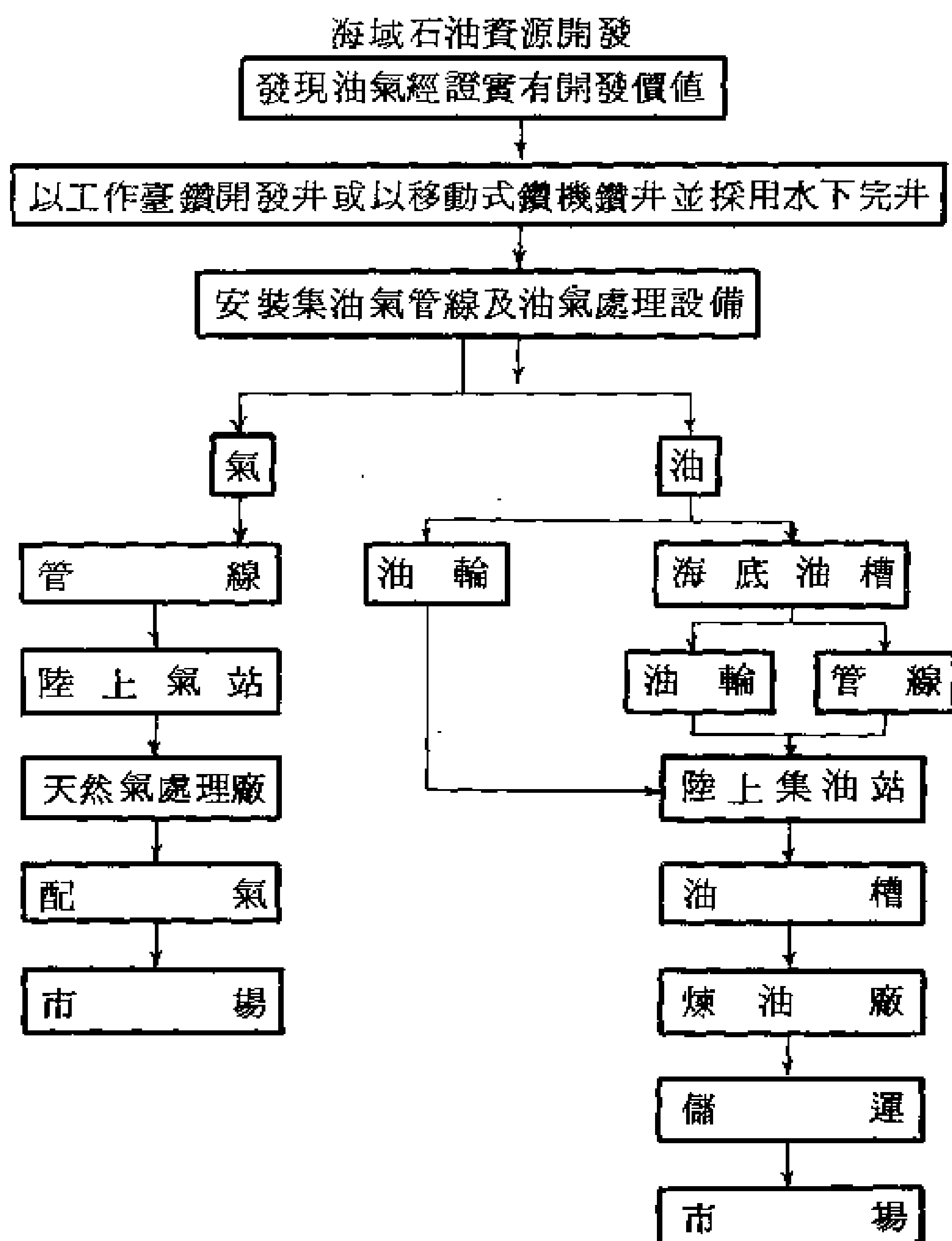
H ＝厚度，公尺

ϕ ＝孔隙率％

SW＝地層水飽和率％

B_o ＝原油地層體積因數

B_g ＝天然地層氣體因數



計算油氣蘊藏量之外，爲便於投資開發，應測試與估算一口井的生產能力，以便估計應鑽若干井，才能在適當期間內將此一油氣田採完。

三、開發計劃

依蘊藏量及試油氣等資料，擬定整個海域油氣田之生產供應能力，鑽井井數及井距，油氣處理，煉製設備，儲運設備之容量以及所需之投資額及還本年限。

因海域石油開發費用高，風險大，維護困難，故一般均採用迅速開發的大井距，大量採收。每口井的常用生產面積爲 320 — 640 英畝，考慮的因素有：

㈠井數足數初期採收層內油氣：所鑽鑿之生產井數，足使自然源力於初期採取層內油氣，並應有效控制自然源力，防止溝通、指浸、水錐，或氣錐等現象。

㈡經濟價值分析：就井數產率，生產年限等情況求取開發最高經濟價值。海域石油開發最大的費用在於工作臺之建造與鑽井費用。工作臺之建造費用，隨水深而增高。故生產層淺、層薄之海域油氣田，生產之油氣價值可能不足以償還投資。

四、架設海域鑽井臺及採油工作臺

爲建造安全計，應先收集開發地區之自然環境資料，如百年颱風紀錄，海底地震紀錄，最大風速，最大浪高，海潮情形海流强度，海底捲流情形，地層承力數值等，以便引用合適安全係數，作結構設計。

工作臺之各主架，一般均在岸上組配完成。再以駁船拖至海上預定位置，使直立海床上。接著打樁，使工作臺能穩固的立於海床上。主架安裝妥當後，即可吊裝工作艀板。工作艀板與水面距離視最大浪高而定，以免工作設備受海浪波及。工作臺可分爲鑽井工作臺，生產工作臺與油氣處理臺。

㈠鑽井工作臺：以鑽井爲主，有鑽機及其他設備。鑽井工作人員均住宿在所附屬之船上。等鑽井工作完後後，視需要再擴建爲生產工作臺。

㈡生產工作臺：完成鑽井工作後，由鑽井工作臺擴建，安裝生產設備而成。另一措施是用鑽井船鑽開發井，每鑽完一口井暫時在海床上封閉，等應鑽各井悉數完成，再建造輕型生產工作臺，將海床上之井口，延伸至工作臺面。

㈢油氣處理工作臺：此種工作臺全爲處理海域油氣之用，面積較大，負荷亦輕，其上只有油氣處理設備。

五、海域開發井之鑽鑿

工作臺架設完成之後，安裝鑽機，從事開發鑽井。一座架臺可鑽井數口至數十口。井數若干，需視井距及斜鑽可能到達遠距多少而定。有時在工作臺上無法用斜鑽方法以達油氣層次，可用船式鑽機鑽井，使用海底完成法完井，再將生產油氣導至生產臺上處理。爲減輕工作臺負重，所有套管串，均懸掛在海床上，再由井口引至工作臺上，聯接生產設備。爲達成迅速開發，常於鑽井完成後，暫時封井，移走鑽機，再以輕型鑽機完井生產。

六、海域油氣生產及處理

由於海域環境特殊，交通困難，實無法每井均駐留值班人員，海上油氣生產均採用自動遠程控制，由管理臺（Manned Platform）指揮操作，定期派專人執行維護和檢修。

海域油氣處理採用兩種方法：第一種是工作臺上生產井數較少，產量不多，無法裝置一套宗整的油氣處理設備，乃將數井所產油氣，以海底高壓管線，集中在同一處理臺來處理。第二種是臺上有十數至數十口生產井，產量較大，於工作臺完成後，再擴增面積，安裝全套油氣處理設備。

爲避免油氣輸送時管內形成水化物和提高油氣輸送效率，經常都在海上先將油氣伴生水切除，並以低溫處理或化學脫水方法，將氣流中之水份除淨。處理後之油氣，再經管線單相或兩相輸送岸上。

爲瞭解口井之生產情形，工作臺上必須具備一座試油氣用之分離器，以便每月至少獲致一次或多次之各井井液及生產率。

七、海域油氣之儲存及運輸

海域生產之原油可藉管線、油輪、油駁等輸運至目的地。近海之油氣生產多以管線輸送爲主。如礦區離岸較遠，因海底管線投資費高，不合經濟，故以油輪或油駁裝運爲原則。他如礦區之產量少或臨時性之生產，則應以油輪、油駁裝運。天然氣均以管線輸送。天然氣如在海上工作臺加以液化，則以液化天然氣油輪裝運。惟投資龐大，應先考慮其經濟可行性。

(一)海域石油儲槽：海域石油儲存設備，用爲短期海域油氣貯存，在船運不連續操作情況下，保持油井經常生產。目前發展成功的海域結構設備，一種是用於波斯灣的瓶型沉式油槽。此種油槽有三座連接一起，每座存油量約爲五十萬桶，槽體大部份存沉水下，只有瓶頸露出水面，爲裝卸原油部位。另一種是用於北海伊克福（ Ekofish ）油田的鋼筋水泥油槽，儲量一百萬桶。爲防油輪並撞，其外圍築有防撞牆壁。

(二)船運：油輪、油駁用於產量較少，或離岸較遠之礦區運輸。船公司應經常負責防止漏濺原油及油污情事發生，以免沿岸或水域污染。採用船運是在經濟條件不允使用管線輸送情況下行之。船運原油易受海域環境及天氣影響，引起關井停產，收益減少，並影響市場供應。

除上述兩種海床固定式油槽外，還有浮筒式油槽建於波斯灣，稱爲波座油槽（ Parzatad ），存量一百萬桶。除用來貯存原油外，亦有海水脫鹽，裝船等設備，整體以單點錨錠系統固定在海底，以禦風浪潮汐等氣候影響。

(三)海底管線：在海域石油開發上，海底管線有兩個主要用途：一是油氣之導集，將各生產臺之油氣引導於油氣處理臺以便進行處理。此種管線管徑較小，壓力較高。一爲油氣運輸，將處理臺所初步處理後之油氣，輸送至岸上所用管徑較大，壓力較低。

管線如完全經由自屬礦區則無通過地權問題。否則須事先取得管路使用權或地役權。管線是將每節敷有水泥的鋼管按根在敷管船上焊接起來，再將接頭處包覆妥當，經過試壓、檢查等步驟，放入海底。敷管船於每完成一段，即向前推進一段，如此逐段焊接及降管，以致全部完成。

目前使用的管徑有" 4 — 52" ，如管徑小於12"則可使用大軸捲裝設方式，先將管線在岸上焊好，捲在敷管船上的大小管線上，直接降入海底，此法較上述傳統式敷管要經濟許多。

另一種方法是拖管式裝設法，在陸上將每段 2 — 4 哩長之管線焊接起來，包敷及檢查妥善，然後用船拖到預定地點，與另一管段在水下焊接。拖管時可繫組輔助浮筒，拖到管路位置後，再沉下海底。此法要配合天候，在風平浪靜時方可達成。水下焊接費用頗爲昂貴。

管線沉入海底後，一般作法爲平放在海床之上，但爲避免海流、風浪、船錨及其他海底構建之損毀，可埋入管溝之內。目前較適宜敷管水深爲六百呎。水深增加時，應增加管船之設備，以支撐海底與船間之管重。如使用潛水鐘解決潛水問題，則敷管水深可達一千呎，管線沉入海底，應經常注意防腐蝕及破裂等情事發生。

八、陸上油氣之處理

在海上建造面積廣大的工作臺，費用甚鉅，故油氣在海上只能做到初步處理工作。因此由海底管線輸送上岸之油氣，必須繼到適當的處理，再次使游離水份脫離，將原油輸送到煉油廠精煉。天然氣再經降溫降壓脫除水份，經輸氣管輸送至市場銷售。

九、結　　論

海域石油開發在全世界係新興事業，在我國更是首創。我國目前正在培訓專業人才，以求長程發展。開發資金龐大，爲分擔風險，海域油氣開發多由多數公司合作投資。由於海域工作環境特殊，諸如器材之供應、交通、通訊、天候、後勤各項緊急應變措施等，影響因素極多牽涉實廣，極需多方支持合作，以使海域油源開發成功。

世界海域石油探勘之概況

張錫齡

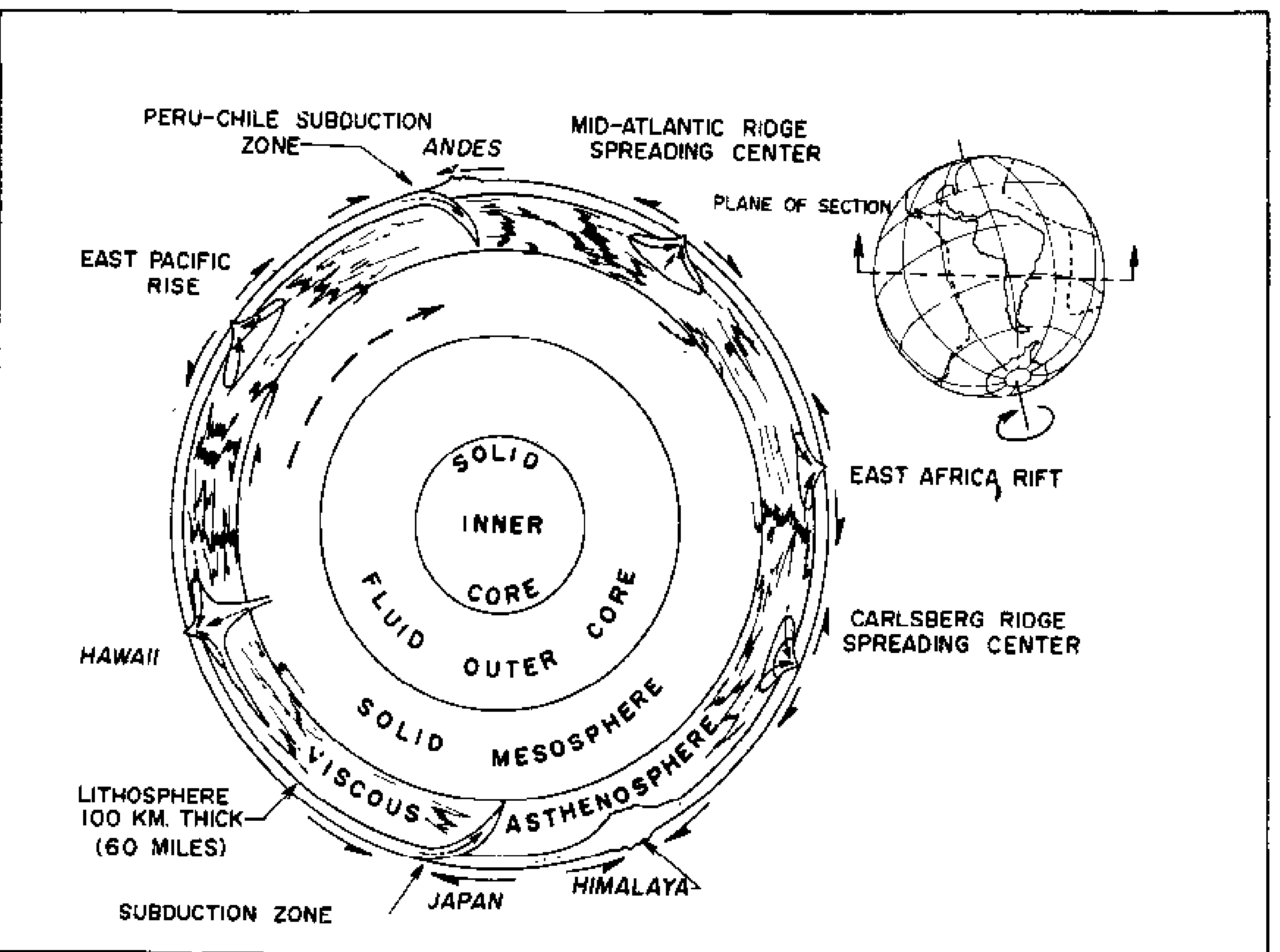
一、前　　言

地球表面上，海洋和陸地所佔的比例，大致是七比三，海洋是連成一片的，陸地是分成幾大塊。海洋最深底在太平洋某處超過一萬一千公尺，平均深度是三千八百公尺，而陸地有世界屋脊之稱喜馬拉雅山的世界最高額非爾士峰是八千八百四十公尺，大陸平均高度是八百四十公尺。因此，對海底資源的探測，以及對海底資源的開發，有待地質學家、地球物理學家和科學工作者與工程技術人員的共同努力，實爲當務之急。

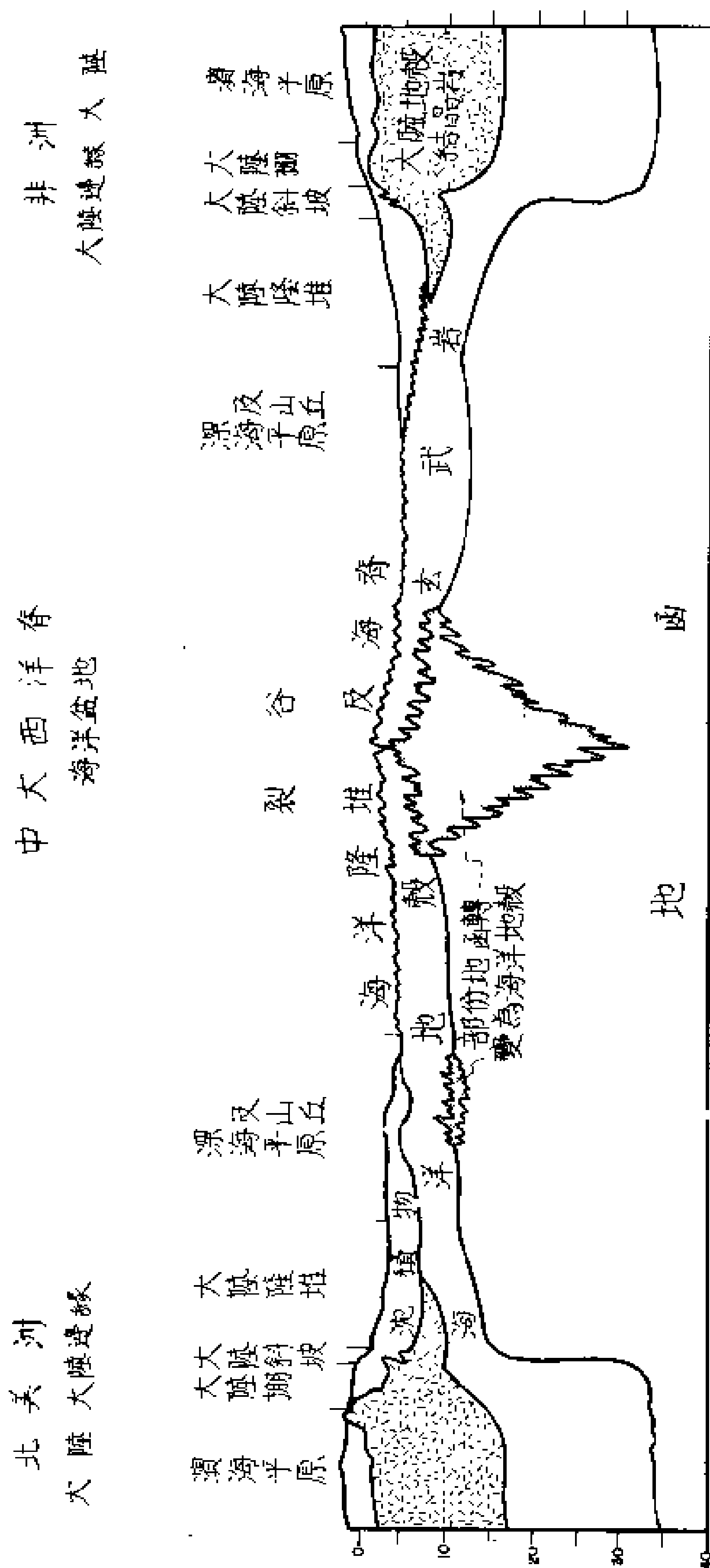
近十餘年來世界石油需要量之增加異常驚人，僅靠陸上油氣田之開發，顯然已達供應不濟之趨勢，因此海底油氣田之探勘與開發，已爲世人所矚目。現在全世界已約有七十五個國家積極進行近岸區域之海底大陸棚和大陸斜坡的油氣探勘工作，其中已進行海域鑽井工程者約有四十五個國家，所產原油佔全世界總產量約達百分之二十，可預期不斷有新的地區及國家將加入行列，勢將使石油工業在世界經濟上更爲改觀。

二、最新海洋地質學對石油的概念

最近十餘年來，海洋地質學家的研究啓發了革命性的演進，自 1960 年出現了海底擴張假說（ Sea floor spreading ），這一驚人的假說立刻受到世界上地球科學工作者的重視，且很快地充實發展起來，以後有人擴大它的範圍，稱爲新的地球構造（ The new global tectonics ），以至近年來大家稱爲板塊構造（ Plate tectonics ），由於此等有生命力的假說問世，改變了我們對於地球的觀點，同時發展了我們對於探勘開發海底石油的觀念。此種概念不再贊成地球靜止說的老觀念（地球上的大陸及海洋盆地的形貌是永久不變的想法），而且似地球變動說（大陸地塊自從中生代以來開始移動，而海洋盆地逐漸在開啓及閉塞的說法）代替之。

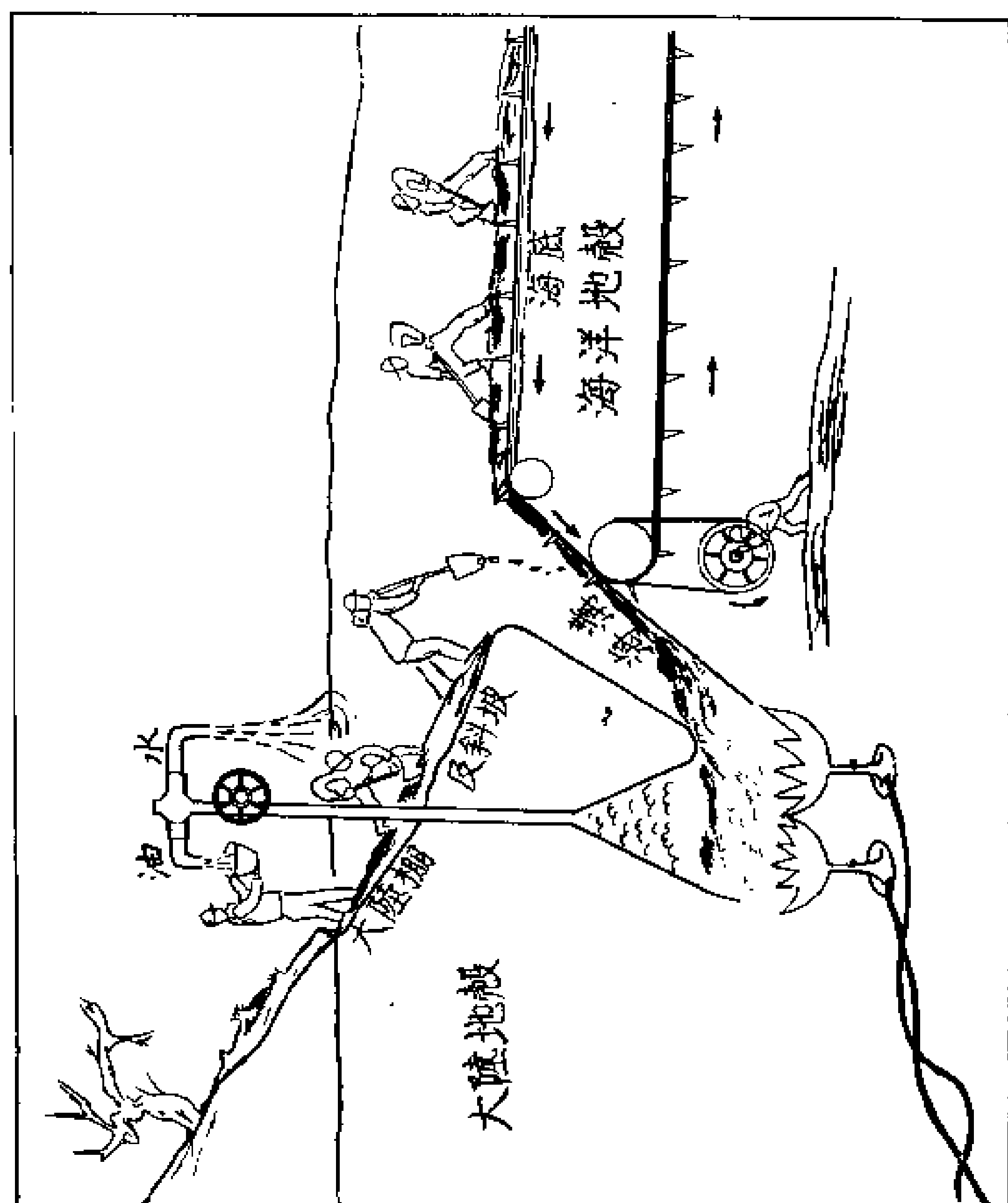


圖一、地球的結構（橫剖面）
(after Thompson, 1973)



圖二、大西洋海洋盆地橫剖面 (ofter Heezen,1962)

指示海洋中脊和裂谷并北美洲及非洲兩大陸邊緣之區域構造



圖三、新地球構造與石油生成

板塊構造的領會，須要瞭解地球由內至外包含地心、地函及地殼的結構（圖一），而地球外表是一層厚達大約 100 公里的岩石圈，包括地殼及部分的上部地函，此岩石圈分成若干地殼板塊，浮蓋於富有黏性的軟流圈之上，形成擴散的板塊邊緣（Divergent Plate boundary）及收斂的板塊邊緣（Convergent Plate boundary）及平行的板塊邊緣（Parallel Plate boundary）等三種板塊的界線。

岩石圈的擴散分離，形成了有名的東非洲大陸斷裂（Continental rift）以及海脊，例如中大西洋脊、中印度洋脊與東太平洋隆起等，岩石圈的收斂聚合，形成了海洋深溝，隱沒帶與火山島脊，諸如分佈於西太平洋沿岸及南美洲西海岸者，由於擴散作用使海底地殼呈顯海底擴張現象，形成今日海洋盆地，推想今日海洋盆地之地質年代甚青;最顯著者以北大西洋海洋盆地之擴散分離爲例,平均每年分裂一吋,目前已形成海洋盆地寬達三千哩,則追溯至一億九千萬年前,自侏羅記開始海底擴張現象即已進行矣。

由於張力作用發生大陸斷裂，而致海底之擴張，可使地殼內之溫度增高，此種現象有利於油氣之生成，同時因海底擴張之初期所堆積之淺海沉積物，極適於石油之儲積與封閉。中洋脊之擴散作用，從上部地函軟流圈內噴出玄武岩流，形成新海洋地殼，並移向兩旁，且逐漸冷却，同時伴同淺沉積物下沉至斷裂的大陸地殼邊緣之下，同樣熱流作用有利石油生成，移聚與儲積（圖二）。以上均因擴散作用在大陸邊緣形成地塹、轉換斷層、火山及鹽丘衝頂褶皺等各類構造，而發現石油之封閉。

大陸地殼與海洋地殼接觸附近之收斂聚合，形成峭峻之大陸斜坡、海洋深溝、火山島脊與地震等特徵。在此大陸邊緣，陸上所供應沉積物搬運至海洋，停積於大陸斜坡之上，因岩相之變化，有機體之迅速埋藏以及濁流砂層之堆積，此等皆係油氣生成與儲積之基本地質條件。加上海洋地殼迅速隱沒於大陸地殼之下，地下的熱流上升，促使淺海沉積中有機體轉變爲碳氫化合物。同時因海洋地殼繼續的隱沒作用，在大陸邊緣形成褶皺、逆斷層、頁岩衝頂褶皺等構造，最後油氣移聚於各種封閉之內（圖三）。

在火山島脊的大陸邊分佈著斷層地塊的盆地，此區常有深部地震發生，其地下熱流的高溫有利於油氣之生成，此項盆地內有顯著的轉換斷層（Transform fault）由收斂聚合或擴散分離的作用，使在大陸邊緣形成

了其他型式構造、沉積與溫度同樣有利油氣之封閉。

三、海域石油資源在地質及地形區域上的關係

地球表面硬殼由兩種大地形所組成，一是海洋盆地，一是平均高超出海底 4300-5800 公尺的陸地，海洋盆地當然塡滿了水，事實上海洋淹蓋大陸地塊邊緣延伸幾公里，甚至達 1300 公里，因此大陸地塊與海洋盆地的界綫是在海水面下一般深度 2000 至 4000 公尺之間。

大陸與海洋盆地間地形上的對比，反映了他們之間地質上的基本差異；大陸地殼比海洋地殼含較多的矽和鹼性元素，但含鐵、鎂較少，雖然大陸地殼平均厚度爲35公里，而海洋地殼爲 5 公里，但前者密度却比後者爲小（圖四）。大陸與海洋地塊都平衡地漂浮在地函之上，較輕的大陸地塊又高出於海洋盆地，其原理就像冰山漂浮在海中一樣。

大陸地殼的火成岩主要由花崗岩和含矽及鹼性元素較多的岩石所組成，當然亦還有玄武岩及其他含鐵、鎂較多的岩石。很多大陸地區這些花崗岩侵入岩體，其上覆蓋著由古老的海侵沉積了很厚的水成岩；同時再經風化及侵蝕，由陸地搬運沉積物至鄰近的海洋邊緣，停積於海洋邊緣盆地內，因此石油及天然氣的資源，常蘊藏在這些海域的沉積盆地裡。相對地，海洋地殼大部份由玄武岩及相近的岩石所組成；而在大陸邊緣則例外，由陸上侵蝕帶來的碎屑，通常覆蓋著數百公尺的沉積物。

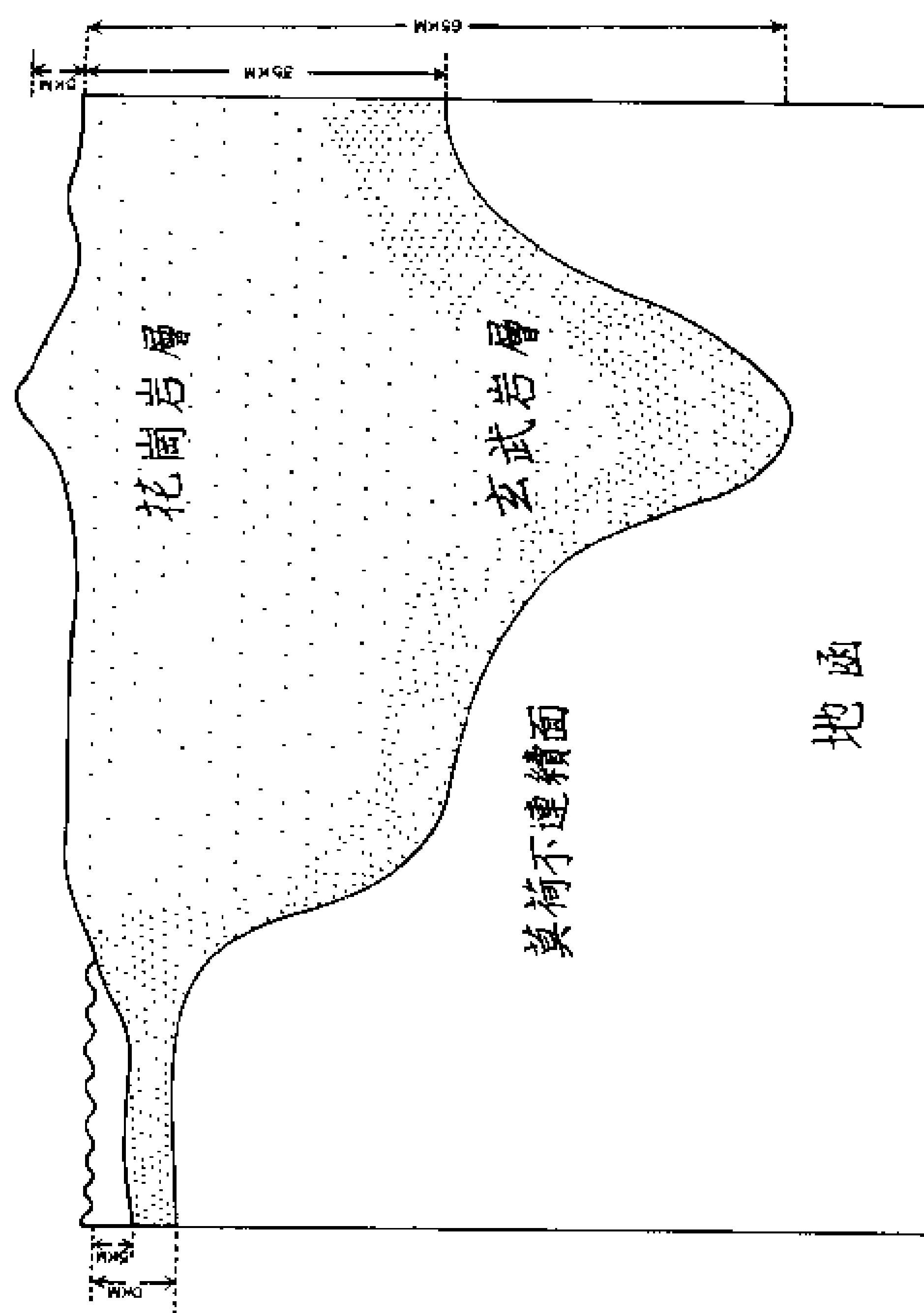
大陸與海洋盆地兩者在地質及地形上都有顯著的變化與不同，大體而言，大陸地塊可分成幾種地質區域：

(1)山脈地區—由經過劇烈褶皺及斷層的數千公尺厚度的水成岩，以及變質岩與侵入及噴出火成岩所組成。

(2)古老地區——片起伏較小接近夷平的區域，出露年代很老而且劇烈變形的變質雜岩及火成岩。

(3)古盆地和古深槽--常聚積數百公尺至數千公尺厚度的沉積物，覆於古陸之上，今日形成水平或傾斜平緩之水成岩，通常分佈於起伏緩和區域

(4)濱海平原和大陸棚—沿著大陸邊緣受海浪侵蝕或沉積物塡平，形成平坦或傾斜緩慢之表面。



圖四、大陸地殼與海洋地殼保持地力平衡之橫剖面圖。
(after Takeuchi and others, 1967)

(5)大陸斜坡一介於大陸棚與深海海底之間，傾斜坡度陡峭的表面、大陸棚與大陸斜坡的界綫，並非處處分明，適者兩者併稱大陸階地，或者在地形不規則的地區稱之謂大陸邊緣地。

(6)大陸隆起一大陸邊緣的最外極限是隱藏在大陸隆起之下，它是介於大陸斜坡與深海平原之間傾斜平緩的表面，其底下常是來自大陸的裙狀侵蝕碎屑。

自從美國 1859 年發現賓洲 Drake 探井生產石油以來，世界各國迄今繼續不斷地探勘開發陸上的油氣，及至最近二十年來由陸上進軍海洋，許多先進國家在鉅額資金投資下，紛紛努力探尋大陸邊緣區內的海域沉積盆地裡的油源；現在它是包括上述的大陸棚及大陸斜坡區內的各項油氣封閉，甚至將來要延展到大陸隆起的區域。

大陸邊緣和大陸隆起以外廣濶的海洋盆地，其地形也是變化多端，但主要不外是以下幾種形貌：

(1)海脊和隆起一雖然它們并不一定出現在海洋正中央，但卻以中洋脊稱之，而形成了總長度 75,000 哩連續且分支的世界性海底山脈群。許多地方海脊頂部呈現一種很明顯的形貌，那就是火山噴發形成的裂谷，且有許多山頂露出海水面而爲島嶼。

(2)深海平原和山丘一是在海洋隆起的兩旁，蓋著薄層的深海沉積物。

(3)個體火山和複合火山脊一散佈在海洋盆地中，但是沿著海洋邊緣常聚集成島群或海底山（ Seamounts ）及鏈狀山脊。

(4)海溝一通常在巨大的海洋盆地邊緣線上，沿著火山島弧或年青山脈地帶出現。

(5)小型海洋盆地一是介於兩個大陸或是大陸與島弧之間的小型海洋盆，一般水深在 2000 公尺下有深海平原，甚至在沿著島弧凹入的一邊發現海溝，而在靠陸的一邊則因大量的表流帶來侵蝕碎屑，亦與大陸隆起地帶相似，堆集了相當厚度的沉積物。

由於目前對於海洋洋底的知識不夠完全，所以海洋地形區域的劃分，仍有許多疑問，然而明顯的大部份海洋地層在地質上屬於大海洋盆地的一部，而不是屬於大陸地塊的。

雖然大陸下沉部份、大陸隆起及小型海洋盆地等等比起大海洋盆地的

範圍小的多，但是它們却蘊藏許多礦產資源，其中以石油為最重要，通常是出現在大陸棚、大陸斜坡、大陸隆起和小型海洋盆地，因為這些區域含有世界石油生產主要來源的海相第三紀沉積物比陸上的還要厚，總括起來說，大陸棚和大陸斜坡比陸上區域更有利於石油的生成與儲蓄。

上面所提的幾個地質區域是目前所知有利石油存在的地區，但是我們也不能完全否定海洋盆地其他部份，石油亦有出現的可能性，例如在深海平原，我們一直認為沒有足夠厚度的沉積物以供石油的聚集，但是目前由震測反射所確定的基盤，僅僅是音波停止的深度所稱的音阻基盤，它的成分仍然不知。在深海大部份地區，它可能是玄武岩地殼，但於某些地方，它可能僅證明是一個硬層，其下還隱藏著很厚的沉積物也不一定。深海海溝的一部份，某些海底山脊，或不知成份的海底高原，以及大陸漂移作用中破裂而沉沒的大陸陸塊等，也都是石油的可能蘊育地區。然而這些地區的石油可能性，來與大陸邊緣的海底地層相較，似乎少之又少了。

總之，海洋裡的石油資源蘊藏量是遠超過大陸上的，不過，它們的探採進而加以經濟上的運用，則需要高深的及進步的技術。

最後，本人將地球上海底地形區域的面積列表於下，藉作參考。

海底地形區域	面積（百萬平方公里）	總面積百分比
大陸棚和大陸斜坡	55.4	15.3
大陸隆起	19.2	5.3
深海平原和山丘	151.5	41.8
海溝和附屬山脊	6.1	1.7
海脊及隆起	118.6	32.7
火山脊、火山堆和其他	11.2	3.2
	362.0	100.0
小型海洋盆地	7.5	2.1
（包括在上列大陸隆起及深海平原之內）		

四、世界海域油氣蘊藏

目前世界上約有二十七個國家的海域生產石油及天然氣，佔全世界總

生產量約達百分之二十，而佔海底礦產生產總值百分之九十强。直到本世紀結束也許更久，石油將繼續是從海底生產的主要礦產資源。

世界海域石油資源從來沒有完整的估計過，但可以肯定的，它的數量很大，可能還超過陸上的數量。根據Weeks（1969）估計，全世界已證實可開採海底石油爲 90×10^9 桶，若以水深 1000 呎（300公尺）爲界，目前全世界海域石油資源約達 700×10^9 桶液體石油，加上經二度處理可以回收的油料約有 350×10^9 桶，以及相當於 350×10^9 桶的天然氣。Weeks的估計數字所包括的面積爲二千八百萬平方公里，其中一千六百一十萬平方公里被認爲是較有利的地區。從水深300公尺以外到大陸隆起的頂尖之間的面積是四千六百六十萬平方公里，這地區絕大部份的沉積物比Weeks的估計者還要厚，而且在大陸隆起和小型海洋盆地的沉積物總體積遠超過大陸棚和大陸斜坡的。除非對這些沉積物的成份及其構造有較多的瞭解，否則是無法判斷它們的潛力的，不管它們的數量如何，在這些地區的可能資源都必須劃歸爲未發現次要經濟邊緣類，可能會埋藏很長久的。至於在大陸棚和大陸斜坡，由已知和尚未發現而可採收的石油資源的數量相當龐大，在未來幾十年內，可能將供應大部份的海域石油生產。

今再依據最新資料，迄 1974 年初世界上可採收石油之計計（J.D. Moody, 1975）和天然氣蘊藏量之估計（T.D. Adams and M.A. Kirkby, 1975）分別列述如后：

J.D. Moody 認爲世界上可採收石油量的最後估計約達 2730 億公噸（20,000 億桶），迄 1974 年元月一日，其中已證實可採收者約爲 1010 億公噸（7400 億桶），已從生產油田累積石油產量達 405 億公噸（2970 億桶），尚有未發現者，約 1314 億公噸（9630 億桶）石油，其三分之一至二分之一蘊藏於海域區，剩餘者蘊藏於陸上未探勘地區。

此項尚未發現之石油蘊藏，將賴經濟因素、政治因素以及未來技術之發展，而使深埋地下之豐富油藏開掘出來。

石油蘊藏之估計，乃根據地質經驗及經濟條件探勘技術之多方假定，而且此種估計是冒險的。雖然最近阿拉斯加、北海及厄瓜多爾之大量石油發現對於世界石油最後蘊藏量極爲重要；但是今日世界上石油生產量已達極頂，俟至 1980-1990 年間世界石油生產量與消費量則必須下降矣。

表一 1　世界最後可採收石油之估計

	已發現油田						尚未發現可能石油資源					整個可採收量	
	迄1973年底累積生產量		p+p 蘊藏量		最後		期望生產量		預想幅度				
	bmt	bbo	bmt	bbo	bmt	bbo	bmt	bbo	bmt	bbo	bmt	bmt	bbo
蘇俄及中國大陸	6.3	46	14.2	104	20.5	150	47.8	350	13.6	(100～900)	122.8	68.3	500
北美洲	14.9	110	8.0	58	22.9	168	20.1	147	55.6	(41～326)	44.5	43.0	315
美國	14.0	103	7.0	51	21.0	154	10.4	76	3.1	(23～174)	23.7	31.4	230
加拿大	0.9	7	1.0	7	1.9	14	9.7	71	2.5	(18～152)	20.7	11.6	85
中東	9.4	69	58.7	430	68.1	499	17.9	131	6.8	(50～500)	68.2	86	630
其他地區	9.9	72	20.1	148	30.0	220	45.6	335	12.3	(90～800)	109.1	95.6	555
北海			2.7	20	2.7	20	4.1	30	1.4	(10～90)	12.3	6.8	50
西歐	0.4	3	0.1	1	0.5	4	2.0	15	0.5	(4～35)	4.8	2.5	19
北非	1.8	13	4.5	33	6.3	46	5.2	38	1.4	(10～89)	12.1	11.5	84
幾內亞灣	0.4	3	3.3	24	3.7	27	4.4	25	1.4	(10～50)	6.8	7.1	52
非其他區			0.5	4	0.5	44	3.1	233	0.3	(2～47)	6.4	3.6	27
拉丁美洲西北	4.8	35	4.4	32	9.2	67	7.2	53	1.6	(12～110)	15.0	16.4	120
其他拉丁美洲	1.2	9	0.9	7	2.1	16	5.2	38	1.4	(10～89)	12.1	7.3	54
印尼	1.0	7	3.0	22	4.0	29	6.1	45	2.0	(5～80)	10.9	10.1	74
遠東其他區	0.3	2	0.7	5	1.0	7	6.6	48	1.4	(10～75)	10.2	7.6	55
南極洲							2.7	20	0.1	(1～100)	13.6	2.7	20
世界統計量	40.5	297	101.0	740	141.5	1037	131.4	963		230～2200	300.1	272.9	2000

bmt = 十億公噸　bbo = 十億桶油　1公噸 = 7.33 桶

世界天然氣蘊藏量之估計，由於一部份基本資料無法獲得，以及各區生產可採收之變化很多，因此蘊藏量之估計難以確實 T.D.Adams 及 M.A. Kirkby 認爲今日世界上所發現之天然氣蘊藏主要集中於中東及蘇境內，已證實可採收天然氣蘊藏量估計約爲 2300 兆（10^{12}）立方呎，而整個最後可採收蘊藏量估計不致超過 6000 兆立方呎。大約最後估計蘊藏量的十分之一，迄今已爲世人消費應用了。

玆將世界上各大洲已證實可採收天然氣蘊藏量（tcf 兆立方呎＝10^{12} 立方呎）列表如下：

表一 2　世界已證實可採收天然氣蘊藏量

單位：tcf 兆立方呎＝10^{12} 立方呎

地區	國家	蘊藏量	地區	國家	蘊藏量
北美	美國	270	南美	委內瑞那	25.4
	加拿大	68		其他國家	21.8
	墨西哥	11	非洲	阿爾及利亞	92.3
中東	伊朗	398		利比亞	28.0
	阿布達比	100		額及利亞	45.0
	沙烏地阿拉伯	96		其他國	9.8
	其他	134.3	歐洲	荷蘭	85.0
南亞及遠東	印尼	34.7		英國	42.0
	馬來西亞及婆羅乃	20.0		挪威	27.4
				西歐其他國	27.0
				東歐各國	24.2
	其他	37.2			

表一 3　各洲已證實可採收天然氣蘊藏量及其佔世界總儲量之百分比

單位：兆立方呎＝10^{12} 立方呎

	可採收量 tcf	總儲量百分比（%）
中東	728.3	31.7
蘇俄	632.0	27.5
北美	349.0	15.2
西歐	181.4	7.9
非洲	175.1	7.6

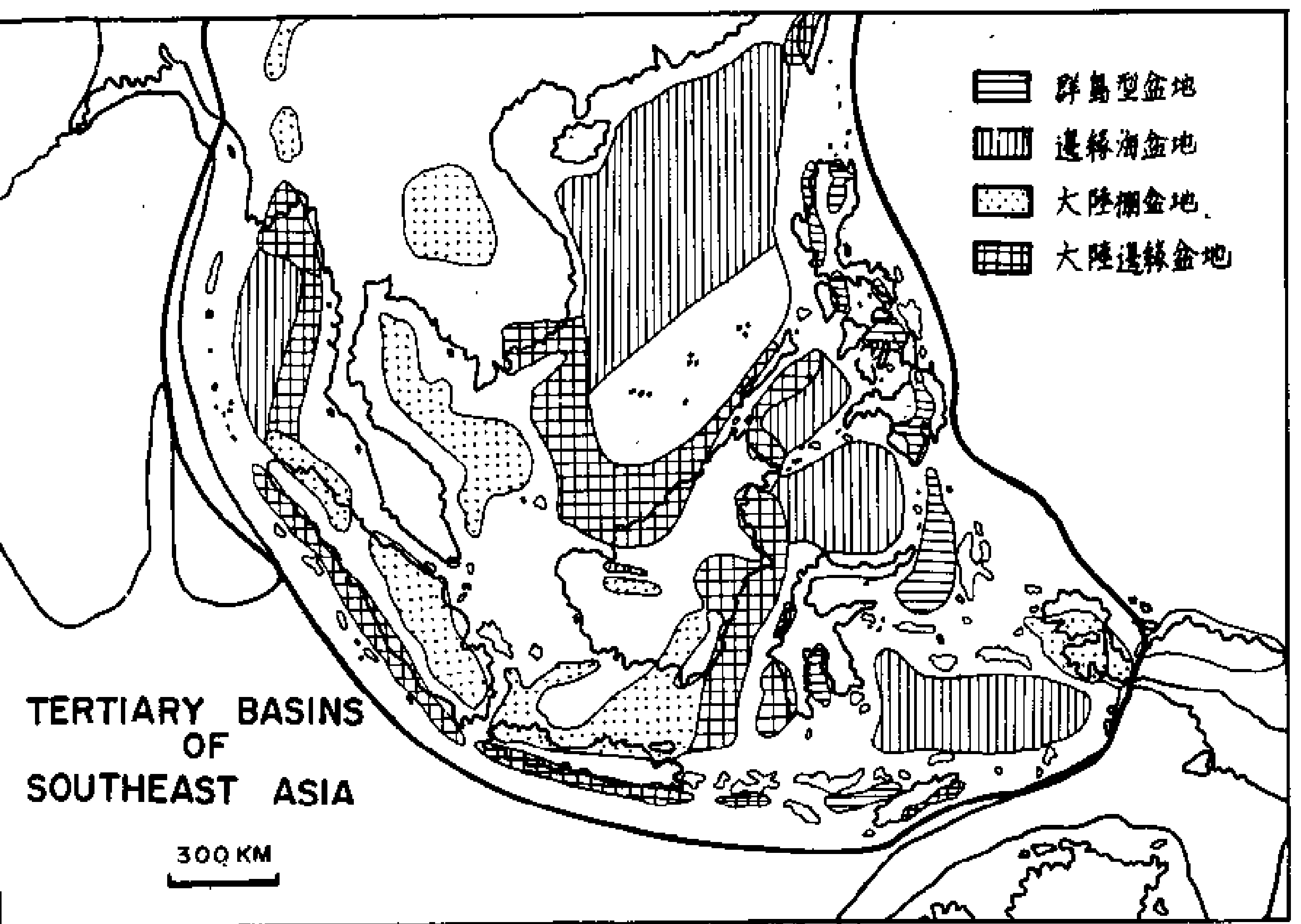
南亞及遠東	91.9	4.0
南　　美	47.2	2.1
澳　　洲	36.9	1.6
中國大陸	30.0	1.3
東　　歐	24.2	1.1
總 儲 量	2296.0	

利於海域石油資源發現地區常鄰接每一個海岸國家，事實上超過七十五個國家已在他們的海岸外進行地質和地球物理測勘，其中四十五個家已進行鑽探，例如格陵蘭、挪威、聯合王國、加拿大、墨西哥、Trinidad-Tobago 委內瑞拉、圭亞那、Surinam、法屬圭亞那、巴西、烏拉圭、阿根廷、澳洲、紐西蘭、中國大陸、韓國、中華民國、蘇聯、以及美國的大西洋、墨西哥灣、和阿拉斯加海岸，都有廣大的大陸棚，如果有石油存在，現已進行探勘開發了。在阿拉伯海、Bengal 灣、非洲東岸外海、非洲西岸外海，以及北美洲和南美洲東部海岸的大部份外海等區域的大陸隆起特別寬濶。具有較高石油潛力的小型海洋盆地，如墨西哥灣、加勒比海、地中海、黑海、裏海、白令海、Okhotsk海、日本海、南中國海、以及印尼群島的內海等，這些有利地區之中許多水深多達 5500 公尺，并且從海岸延伸遠達 1500 公里。1968 年八月美國深海測勘船 Glomar Challenger 號於墨西哥灣實施深海鑽探發現石油，其中 Sigsbee Deep 探井於水深 3582 公尺下鑽遇油氣徵兆。

海底地層不但包含了世界石油蘊藏量的大部份，而且它的發展亦將顯著地改變每一個國家或區域石油生產和供應的展望。

五、東南亞海域盆地的石油分佈

東南亞海域恰好位於地球上三個主要板塊之交接處，此三個板塊即歐亞板塊、太平洋板塊及印度洋之澳洲板塊，正因此三大板塊在東南海域外圍隱沒，形成四十六個沉積盆地 Richard W. Murphy 根據此等盆地之兩側地殼或是盆地內覆蓋於沉積岩以下之地殼，有不同的性質，而將盆地分成四類（圖五）：



圖五 東南亞第三紀盆地圖 (after Murphy, 1975)

(1)大陸棚盆地（Shelfal basins）
(2)大陸邊緣盆地（Continental margin basins）
(3)群島型盆地（Archipelagic basins）
(4)邊緣海盆地（Marginal seas）
茲將介紹上述四類盆地之特性及其與石油儲積之關係。

5.1 大陸棚盆地

5.1.1 特徵

(A)此類盆地之兩測均為大陸地殼所包圍。
(B)其構造型態主要係受基盤所支配，盆地構造多係垂直運動之正斷層，水平側移斷層，以及衝頂褶皺。
(C)盆地內以新第三紀沉積物為主，厚達 2000 公尺至 10,000公尺。局部地區新第三係不整合下，包括漸新統至古新統，為極淺海粗粒碎屑物夾煤層及紅色岩層，新第三系之沉積環境屬淺海相，早期始自河流及海邊三角洲之粗粒碎屑停積，逐漸向上變為淺海頁岩。某些地區海域，新第三系底部為石灰岩，形成地台之沉積。概括言之，新第三紀沉積物由粗而細而粗，代表著一個主要的海侵及海退沉積物。

5.1.2 石油分佈

此類盆地之分佈如北蘇門答那盆地、中蘇門答那盆地、南蘇門答那盆地、爪哇海盆地、西伊戎盆地、馬來盆地、Barito 盆地及 Khorat 盆地等，以上諸盆地為東南亞生產油氣主要區域，多屬印尼共和國所有。

5.2 大陸邊緣盆地

(A)5.2.1 特徵

(A)此類盆地一側為大陸地殼，另一側為海洋地殼。
(B)盆地內以第三紀沉積物為主，屬於陸相及淺海相交互沉積之大陸邊緣，包括陸上河流三角洲碎屑及海洋深厚沉積物，形成外弧或前弧盆地以及隱沒帶與海溝等。

(C)構造型態包括劇烈不對稱褶皺，斷層地塊形成地壘構造，以及衝頂構造等。

5.2.2 石油分佈

此類盆地之分佈，如印尼之Mentawai 盆地、南爪哇盆地、西北婆羅洲盆地、東克里坦盆地、東南巴拿斯盆地、菲律賓之西北巴拿灣盆地、東南巴拿灣盆地、蘇祿盆地，以及吾國台灣海峽之台灣西部盆地等，以上諸盆地，大多位於目前之海域，探勘進行較遲。而於諸盆地函蓋陸上地區已開發之油氣田，以印尼東克里曼坦盆地內 Tarakan, Balikpapan, Sanga-Sanga 等油田生產石油情況最佳，其次台灣西部盆地陸上生產大量天然氣，亦足稱道。西北婆羅洲文萊西南海域的安巴油田為中東以外地區，第三個單一的最大天然氣蘊藏地點，1975 年以後，婆羅乃北部大陸棚每日可產石油六十萬桶及九億多立方呎天然氣。到 1976年，僅石油一項即可每日生產七十萬桶。最近菲律賓於巴拿灣西北海域亦屬此類盆地中鑽獲油氣，我們於台灣海峽在高雄外海鑽遇天然氣以及鹿港外海鑽遇油徵，指示已見曙光，油氣發現當在不遠矣。

5.3 群島型盆地

5.3.1 特徵

(A)群島型盆地位於東南亞海域東緣，沿島弧排列著一系列小盆地。此等盆地由已經生成的弧型海溝發展至一系列劇烈褶皺高度活動不穩定的沉積盆地，其下地殼之厚度（15－25公里）又成份（安山岩、石英閃長岩、花崗閃長岩）均介乎於大陸地殼與海洋地殼之間。

(B)菲律賓島乃係組成此群島型盆地，至少包括四個近於平行的弧型海溝，迄漸新世晚期聯合形成群島型的地質結構所控制，

(C)菲律賓新第三紀地層包括兩種型態的岩相，一為邊緣相代表著安山岩－火成碎屑岩－珊瑚礁體的共存，一為盆地相代表著凝灰質泥岩夾水成碎屑濁流沉積物。

5.3.2 石油分佈

此類盆地包括菲律賓群島所有境內陸上及其鄰近海域之盆地，另加印尼 Northern Moluccas 盆地，Savu 盆地和 Tclo 盆地，以上群島型盆地皆屬高度活動不穩定性，因此迄今雖已探勘多年，尚未發現具有經濟價值的油氣田。

5.4.邊緣海盆地

5.4.1 特徵

(A)此類盆地，覆蓋於沉積岩下之地殼為海洋性地殼，是為小型海洋盆地；其形成往往由於島弧之擴張，或是大陸邊緣處由於上升之島弧所圍住的盆地。

(B)盆地之水深，可深達 2 — 5 公里，海底地形崎嶇不平，其上沉積物甚薄；此等沉積物往往是濁流沉積物，或是深海沉積以及火山碎屑，此外還有珊瑚礁體。

(C)由於探勘工作較少，此類可謂最不瞭解之盆地。

5.4.2 石油分佈

此類盆地包括南中國海、蘇祿海、希里伯斯海、西安達曼海等，上列各海水深太深，鮮有鑽探，因此迄至目前尚未發現油氣

六、台灣海域油氣探勘情形

台灣石油及天然氣之探勘，多少年來我們集中力量於西部麓山及濱海平原，這僅是台灣西部沉積盆地所函蓋的陸上部份，自民國五十九年我國政府將我國大陸棚海域劃分為五大礦區，分別由中油公司自力探勘或與外資合作經營。

台灣海峽是屬於台灣西部沉積盆地之海域部份。過海峽範圍以北，稱之為台灣北方海峽，亦就是中國東海海域即屬所稱台灣盆地範圍；包括由台灣海峽向北和中國東海大陸棚海底的沉積盆地，範圍廣濶。因緊鄰中國大陸邊緣，有九龍江、閩江、甌江、錢塘江及長江等大河流自中生代以降，供給陸上侵蝕的大量搬運入海之碎屑物質，內含有機物甚豐，且盆地邊緣為淺海環境，海相生物繁殖，生油條件應屬良好，而沖積物來源溯自中國大陸閩浙沿海中生代酸性及中性火成岩山地，其碎屑沉積物構成潔淨砂岩，

可形成甚佳儲積砂層。

由上可知台灣海峽及其北我國海域目前涵蓋可能儲積石油區域，分爲三個沉積盆地：(1)台灣以北，東海大陸棚下之台灣盆地，亦即中油公司所稱「台灣北方海域盆地」，(2)介於觀音陸棚與北港一澎湖基盤高區之「北部盆地」。(3)北港一澎湖基盤高區延及台灣淺灘Taiwan bank 以南的「南部盆地」。對於沉積盆地的範圍與盆地發育過程，實承受「太平洋西部活動帶」所產生強烈地球動力影響甚劇。

概台灣島以東爲受太平洋西部活動帶之菲律賓海洋板塊向北推移之邊緣，台灣島受向西擠壓擁成高山島體。同時島之東側亦被攜帶向北移至花蓮向東轉折與琉球相聯，形成琉球島弧之顯著隱沒帶。

受此複雜影響，(1)東海大陸棚下「台灣北方海域盆地」內之構造型態，因受張力作用，多屬擴張性之斷層地塊和褶皺。(2)介於觀音陸棚與北港一澎湖基盤高區之「北部盆地」承受台灣本島被推擠作用所形成褶皺構造之變形。(3)北港一澎湖基盤高區延及淺灘以南之「南部盆地「，由於該基盤之昇起，發生塌落（ Collapsing ）與褶皺之構造。三區所受構造變形應力不同，對於石油儲積之各式構造封閉或地層封閉之影響亦異，探油地質人員至感興趣，不慮無各種地質設想而定鑽探之機會。

台灣海域油氣測勘工作，早自民國五十七年夏就已開始，由美國國際油公司（今改名爲亞美和油公司）首次與中油公司洽商合作，實施台灣海峽全面空中磁測，證實台灣海峽有深厚沉積岩分佈。繼之，本公司於同年秋於北方海域進行空中磁測，亦證實北方海域有廣濶的第三紀沉積岩存在。自政府公佈我國大陸棚海域劃分五大礦區，以台灣海峽爲第一區，內又劃分十塊，北方海域由近而遠劃分二、三、四、五區，每區之面積約三萬至六萬平方公里不等，分別洽外資合作探勘，其靠近海岸線三浬以內之淺海部份則保留自力探勘。其中第一區A及B塊，首於五十七年美國亞美和油公司簽約。第一區F、G、I及J四塊於六十年與美國大陸油公司簽約。第一區C、D、E及H四塊現均列爲保留區。第二、三及四區均於五十九年分別與美國克林敦油公司簽約。第五區則於六十一年與美國德司福油公司簽約。以上各區均已先後實施海域震波普測，繼之於許多構造出現地區實施精測，亦有許多地區再行複測或精測。六十二年三月開始於台灣海域

鑽第一口探井，迄至目前已在第一區及第二區先後鑽了二十口探井，包括中油公司保留區及外資合作區。我們已在大陸油公司合作探勘區發現F構造蘊藏大量天然氣；另外於自己保留礦區內鑽遇古第三系含有石油，已發現曙光，仍在繼續鑽探中。當然海域油氣的開發，尚須依賴大量資金、高超技術和寶貴時間等等重要因素，相信我們海域油氣探勘的展望前途是非常光明的。

七、結　論

近年來，全世界對海洋開發的興趣，已有逐漸增高之勢。這種情勢的造成，乃由於科學技術之突飛猛進，海洋潛在的石油資源經發現予以利用，使國家的經濟發展加速成長。

目前，海上石油生產來自平均水深150公尺以內，離岸距離不超過20公里的範圍，而新的海域鑽井設備的設計，已可在水深500公尺處作業。到1980　年，雖然費用會很高，但海上石油生產的技術限制，將可延伸到達水深6000　呎(1830公尺　)。由於深海的鑽探費用極度高昂，同時淺海大陸棚可開發油源仍豐，所以在未來十年內，超過200公尺等深綫地區的石油生產，將僅限於最有利的大型油田。到1980　年世界海域石油的生產量，將達到世界總生產量百分之三十至三十五。不過，到本世紀末期，當深海開發技術更進一步時，則石油產量可望繼續上升，而且每年從海底生產石油的價值，將很快地超過所有其他海中資源，包括海水化合物及漁產的總值。

八、誌　謝

本文之撰述，特別承中國石油公司總地質師室呂善淡及江文昭兩位地質師搜集許多石油地質資料，協助編輯，并蒙該室繪圖人員協助繪製圖幅又承石油公司礦務處提供部份幻燈片，最後蒙該公司探勘處文章打字并印刷完成，作者於此一併誌謝。

參考文獻

阮維周，1973，地球板殼構造學說：中國地質學會五十週年紀念創刊號第一卷第二期，87—96頁。

孟昭彝，1975，海域石油地質：中國礦冶工程學會六十四年年會專題討論會—海域石油探勘及開發技術，3—8頁。

楊玉璠，1971，積極進行中之海域探油：中國石油公司成立廿五週年紀念刊—石油人史話，187—198頁。

Adams,T.D. & Kirkby, M. A., 1975, Ectimate of world gas Proceeding reseves: of the 9 th World Petroleum Congress, Tokyo, Japan.

Bally, A. W., 1975, A geodynamic scenario for hydroearbon occurrences: Proceeding of the 9th World Petroleum Congress, Tokyo, Japan.

Mckilvey, V.E.& Wang, Frank F.H., 1969, world subsea mineral resources: A discussion paper of U. S. G Geological Survey.

Moody, J.D., 1975, An estimate of the worl、dsrecoverable oil resource: Proceeding of the 9th World Petroleum Congress, Tokyo, Japan.

Murphy, Richard W., 1975, Tertiary basins of southesst As-Asia: Proceedings of the South East Asia Petroleum Exploration Society, Vol. 2, P. 1—36.

Rona P·A· Plate tectonics and mineral resources Scientific American July 1973·

Thompson, Thomas L., 1976, Plate teclonics in oil and gas exploration of continental margins: Presented at the Offshore South East Asia Conference, Singapore..

石油工業上的地球物理探勘技術

潘玉生

緒　　言

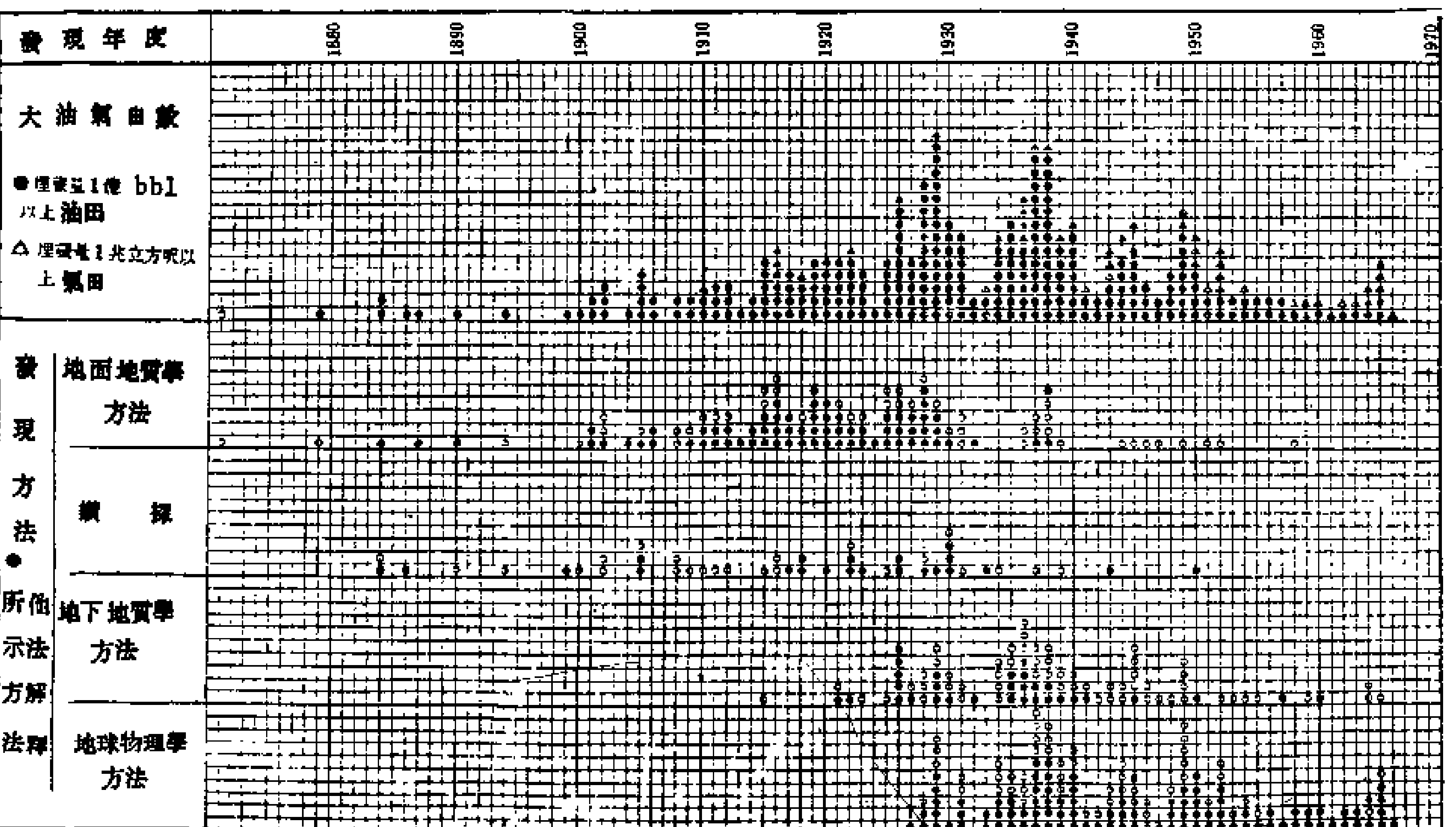
探勘地球物理學（ Exploration Geophysics ），亦即俗稱地球物理探勘法（ Geophysical Prospecting ）這門學問，在技術上，以石油、金屬礦、土木基盤以及淺層地殼構造等為探勘對象，使用多種物理學的手法，在陸上、海上、或空中獲致量度的資料。分析這些資料，進而由解釋而究明各種探勘對象的性質，是為探勘地球物理學的目的。

由於適用的技術手法以及解釋上的理論根據不同，石油工業上的地球物理探勘技術，與以金屬礦或其他為探勘目的的地球物理探勘技術之間，雖然在基本上有許多共同之處，但在欲解決的問題方面，有相當大的差異，所以不能一概而論。

在石油工業上的地球物理探勘技術的應用，自從此技術誕生以來，所貢獻的經濟效益最大，同時，石油工業對於地球物理探勘技術的發展，曾投下巨資，提供了必需的技術改革動機及研究，以及培育了技術開發上的許多人材。

根據世界物理探勘協會所發表的數字，1972 年度，全世界的總物理探勘費用支出為 8.94 億美元，其中相當於92.6%的 8.28 億美元，用在石油探勘方面。在 1971 年，以石油為目標的總物理探勘費用為 5.22 億美元。可見在 1972 年，或是因為物理探勘量的增加，或是因為增強物理探勘的設備，在資金上有大幅的增加。這也可以看出，為應石油危機的到來，全球都在加强探勘方面的努力。尤其在美國的地球物理探勘活動，1973 年為2093（隊×月），1974 年為 2576（隊×月）。這正顯示1962 年以來，漸次減少的地球物理探勘活動傾向，復行抬頭，大幅增加。因此，不僅在美國，在其他國家亦感到需要增加更多的震測隊，並發覺資料處理及結果解釋人手的不足。

第一表　美國巨型油氣田統計



關於地球物理探勘技術對於發現石油蘊藏量的貢獻，可就物理探勘最徹底並且鑽井數目最多的美國資料，窺知其概貌。第一表為自 1870 年至 1966 年中間，在美國境內發現巨型油、氣田的方法分類。

統計該表所表的油田數為259，氣田數為 47，合計為306。1859年至 1900 年間，主要的發現方法，是靠地表油徵及氣苗。在1859 年曾鑽著名的Drake油井。1901 年至1932 年，被稱是地面地質學的時代，石油地質學已經確立了儲油層、蓋層以及生油層諸種概念，漸漸系統化成為一種專門學問。另一方面，如果在地面上發現有油徵、氣苗或瀝青等，立即着手鑽井。到了1920 年以後，開始有地球物理方法的出現，1921年，首次在Oklahoma 州用震波反射法來探勘石油礦。1923 年及1924年，利用重力法（扭秤）及震波折射法找到了許多和聚集石油有關的鹽丘構造，至1929 年，地球物理探勘方法始被公認其對探勘石油的有效性。與此新方法同時，又導入了小化石、電測以及沉積等的地下地質學。從 1940 年代的後半，單靠地面地質發現油田的例子，可說全無，反而有單靠地球物理方法而找到油田的例子。但就整體而言，還是綜合的方法，尤其地下地質，對於發現油田的分量較大。

306個巨型油、氣田當中，119個是靠地球物理探勘被發現，是頗值得注意的一項事實。不過，在第一表中特別值得注意的，是地球物理方法和地下地質學方法綜合研究的成果。這證明，儘管鑽井的地下地質資料是點點滴滴，如和地球物理探勘資料相配合研究，可以有效地追踪儲油層在立體空間的成立條件，導致油氣田的發現。

由 1950 年代的終期至 1960 年代的初期，在美國的物理探勘活動頓減，將目標移至中東以及其他地區或海域。同時，地球物理探勘技術，由容易探的背斜構造，而轉移到找地層尖滅封閉。1967 年以後，開始有震波磁帶記錄儀器的問世，大量的震測資料，可以用快速的電子計算機來處理，一方面又導入了消息理論，發展了許多新的濾波技術，時至今日，各種物探技術，正繼續向前發展，方興未艾，前途未可限量。

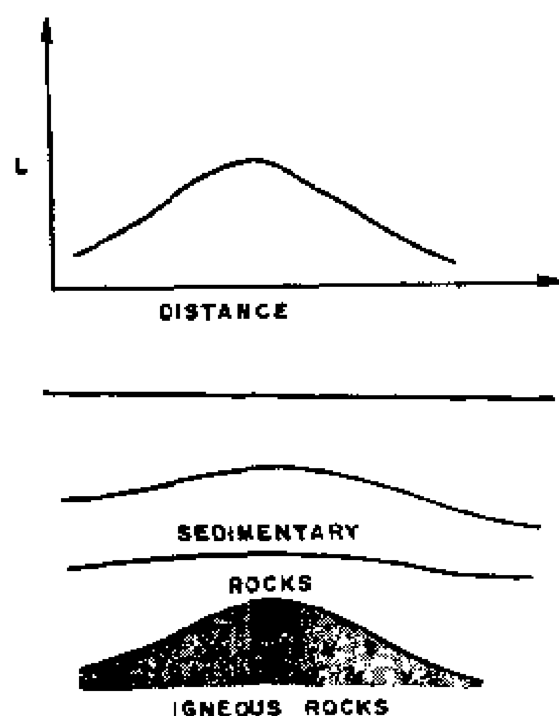
在美國的這種物理探勘技術趨勢，無形中也就支配了全世界的物理探勘技術趨向。總而言之，今天已經確立了地球物理資料和地下地質的綜合研究，地球物理探勘本身，仍繼續在提高資料處理的精確度上下工夫。

一、各種地球物理探勘方法的涵義

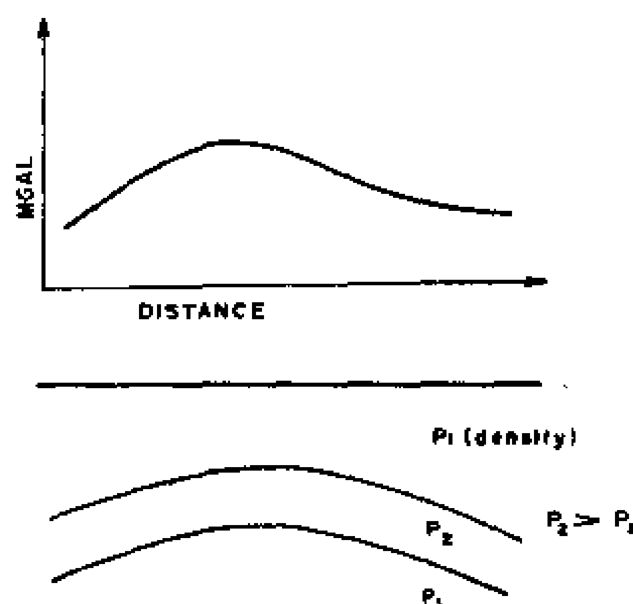
在地球表面沒有岩層露出來的地方，或在爲海水或沙漠所掩蓋的地方，我們不能憑空推測地下有無適於儲聚石油的地質構造。此時，便用到了地球物理探勘方法。所謂地球物理探勘，就探勘石油而言，就是在地球表面作某種物理量度，藉以探尋深埋地下蘊藏石油資源的地質構造。一般，這種物理量度，只能告訴關於地下物質的物理性質。這種性質，須加以適當解釋，才可以用來找有經濟價值的構造，其中可能有油氣。

在現階段，在探油上有三種主要的地球物理探勘方法：即磁力、重力、和震波測勘。磁力測勘（圖一），是測量地球磁場隨地點的變化，這種磁場的變化和地下帶有磁性物質的岩層構造的變化有關。沉積岩較變質岩或火成岩所含的帶磁性物質非常之少，所以磁力探勘，主要是測繪基盤的構造形態和深度，反言之，可以估計在一個地區的沉積岩層厚度。這在一個地區探勘石油，首應考慮的因素，因爲我們知道石油是發生在沉積岩層裏，唯有足夠厚的沉積岩層，才有機會發現油氣。

其次，重力測勘（圖二），是測量地球重力的隨地點的微小變化。不



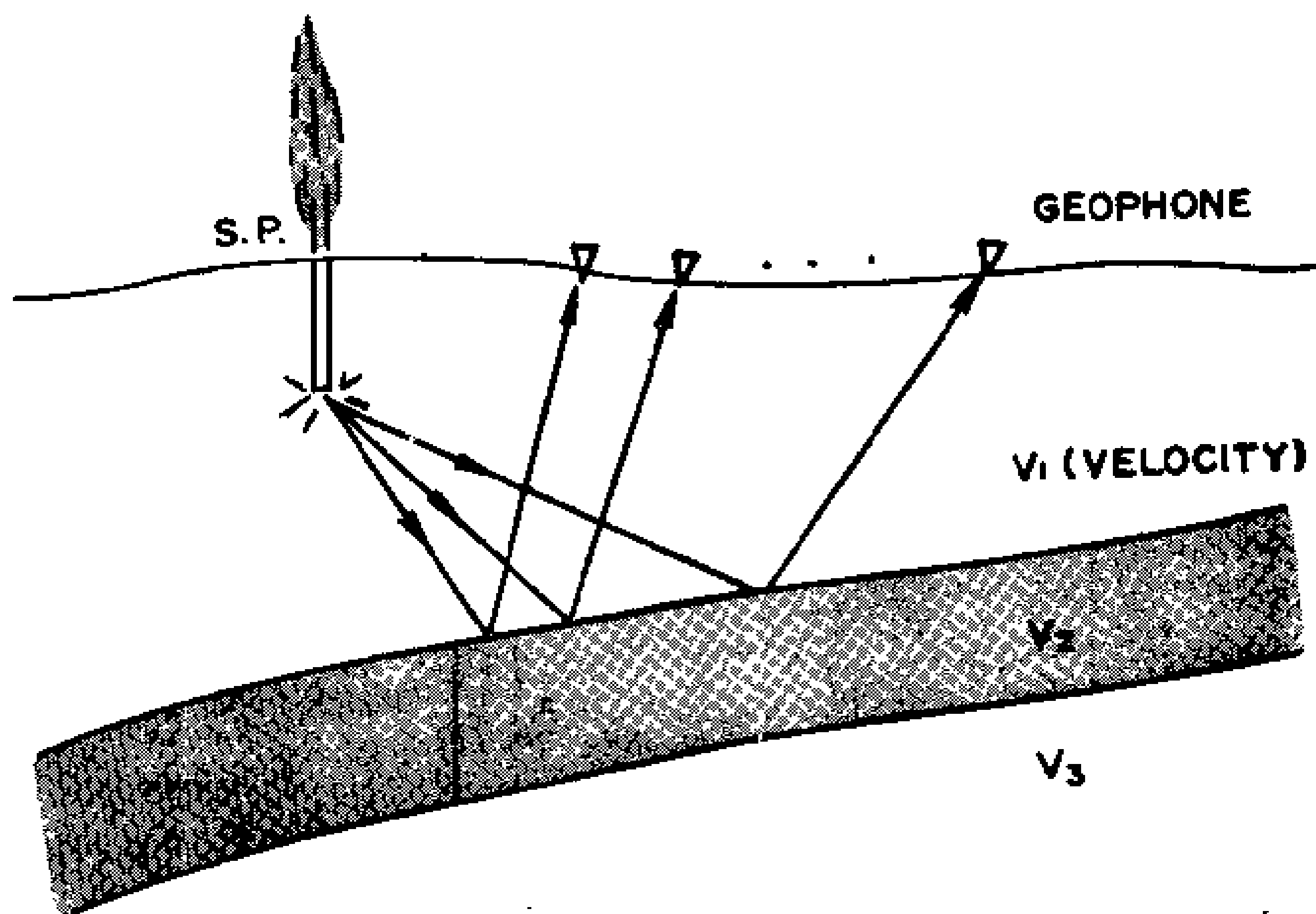
圖一 磁力測勘法概念圖



圖二 重力測勘法概念圖

同的岩石具有不同的密度，岩石的密度愈大，它的重力吸引力也愈大。如果密度比周圍大的岩層發生褶縐隆起，靠近地表附近的部分，也就是構造高區，必顯示較高的重力值。在石油探勘方面所求的重力異常，只相當於地球本身重力場的百萬分之一或更小，所以重力儀的精確度，要求非常之高。

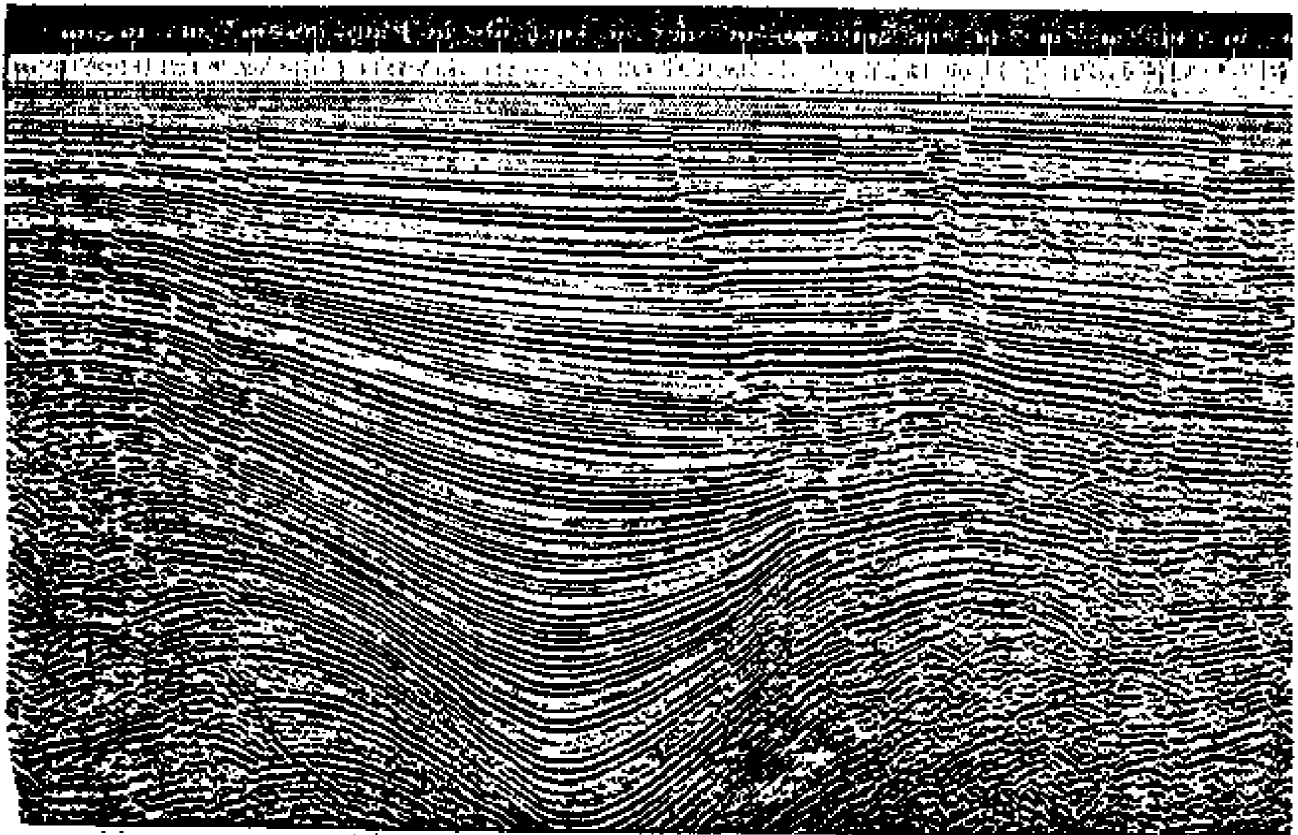
以上兩種方法，只是用磁力儀和重力儀在地表測量地球本身的磁力場和重力場的變化，進而推斷沉積岩的厚度和地層的起伏情形。這兩種方法固然快速而省錢，但是所得資料，只能告訴地下構造的概貌，還不能據以鑽井。所以一般石油探勘先用這兩種方法作初測。然後選擇適當的地方，



圖三 反射法震波測勘概念圖

用更好的地球物理方法來進行詳測。

這個被認爲最好的方法，便是震波測勘（圖三）。震波測勘有折射法及反射法兩種，但一般不特別指明時，震波測勘即意味反射法震波測勘。其原理是在地表淺處或海水中用炸藥爆炸或其他方式產生人工地震。地震波向地下傳遞時，每逢遇到地層的界面，因爲上、下地層的物理性質不同，便有一部分震波能量被反射回到地表，然後用震測儀將這些從各個地層交界面反射回來的震波記錄下來。在此，我們所量度的是震波一下，一上的走時，淺層的反射波先到，深層的反射波後到。對於某一個層次而言，如果地表各處所測得的反射時間相同時，即表示這個地層是平的，如果在反射時間上有變化時，即表示該地層有起伏（圖四）。如此，在地表沿縱、橫許多測線炸測，便可測得該地層在一地區的起伏情形，也就是可以得



圖四　震測剖面

到該層的地下構造圖。如果我們知道地層的速度，反射時間的一半，乘上速度，便可求得至各個反射層的深度。普通一次爆炸，可以測得深達六千公尺以上的反射層，也就是包括整個沉積岩剖面內所包括的反射層情形。反射法震波測勘，較其他任何地球物理探勘方法都能提供較佳的地下構造資訊。唯一缺點是測勘的速度較慢，費用較大。

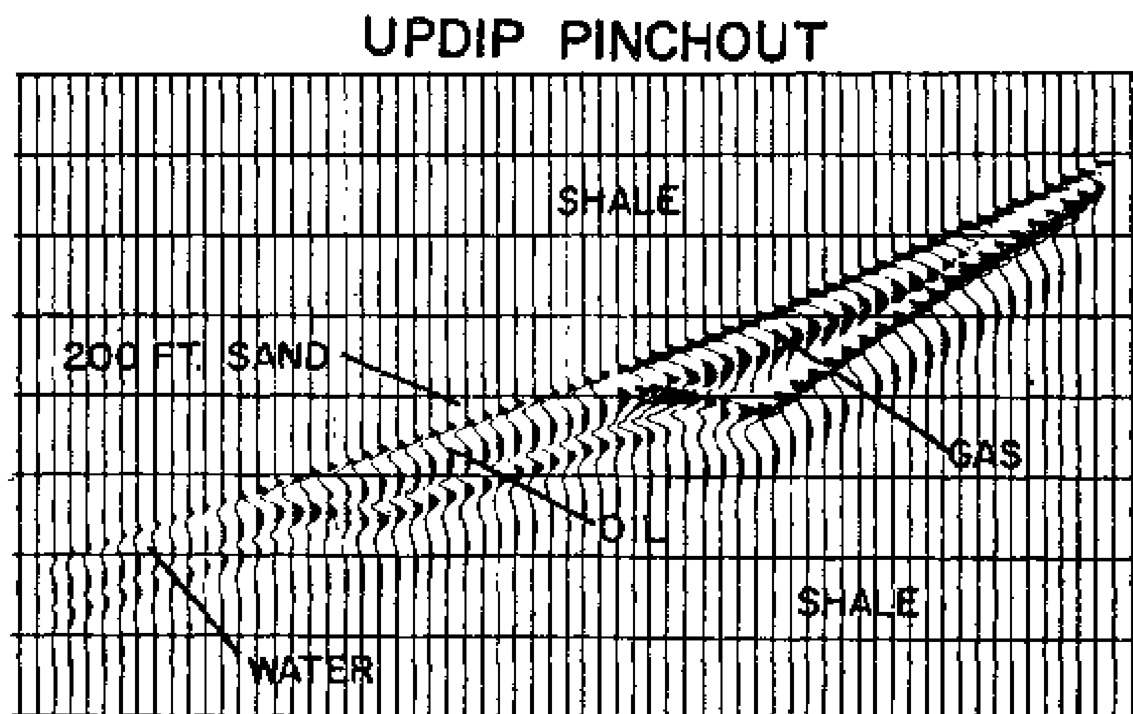
二、最新的震測波勘技術

反射法震波測勘既經證明對於石油探勘非常有效，這些年來，在震測儀器製造上，炸測技術上，以及在解釋方面，均有長足的發展。

在記錄震波方面，先是用紙質記錄，繼而用類比型磁帶記錄，現在已普遍在使用數字型磁帶記錄，將反射波資料，每隔千分之四秒採樣記錄在磁帶上，隨後用電子計算機作修正及濾波等處理，務使反射波能量清楚，以利作地質解釋。在產生人工震源方面，最初是用炸藥爆炸，繼而用各種振盪方法，今天在海域施行震波測勘，爲了防止殺害魚類，多採用「空氣槍」作爲震波能源。在解釋方面，以往只是限於測繪地下構造圖，究竟地下有無油氣，尙須待鑽完井，才能知道。所以地球物理探勘，一直被認爲只是測繪地下適於儲集油氣的構造，是一種「間接」探勘石油的方法，而今天已發展到「直接探油」的階段。

「直接探油」，是從事地球物理探勘者多年來夢寐以求的事情，所謂油氣顯著點法（Bright Spot）（圖五），並非實現了美夢，此法，在本質上，仍脫離不了間接探油的羈絆。此法的另一名，稱之謂相對振幅保留法（Relative Amplitude Preservation）（簡稱RAP），或多少能表示該法的眞實內容。此法的實現，主要是因爲在1960 年代後半，由於裝有Binary Gain或 IFP（Instantaneous Floating Point）的震測儀的出現，我們可以記錄到以往用只有AGC（自動增益控制）震測儀不能記錄到的微小振幅。經過一套複雜的演算，我們可以計算在某一地層群中的震波速度、反射波振幅以及周波數的變化量等。地層完全含水時的速度，和地層含有油氣時的速度，有顯著的差異。震波在速度上發生變化時，所記錄的反射波能量便有改變。基於這種理論，假如其他構造條件都是

一樣，在震測剖面上，如果某一層次的反射波能量，在橫的方向有突然的增加時，便可能直接指示地下有油氣，如此，可以增加鑽遇油氣的機會。此法在可以得到信號雜音比高的地區，如墨西哥灣、北海等地，對於推測地下有無油氣，獲得相當成功。



圖五 Bright Spot 模型

Bright Spot 方法的基本原理，比較簡單。震波在聲阻互異的界面，發生反射波、折射波、以及穿過波等。決定反射波強度的反射係數，可用下式表示：

$$R_o = \frac{A_r}{A_i} = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$$

又在儲油層內的平均速度 V 和平均密度之間，有如下關係：

$$\frac{1}{V} = \frac{\phi}{V_f} + \frac{1-\phi}{V_R}$$

V_f：在流體（油或氣）中的震波速度（P—波）

V_R：在岩石顆粒（儲油層）中的震波速度（P—波）

ϕ ：孔隙率

$$\rho = \rho_f \phi + \rho_R (1 - \phi)$$

ρ_f：流體的密度

ρ_R：岩石顆粒的密度

所以如果知道了反射波的振幅，配以速度資料，便可能推測岩層內有無油氣。充滿氣的岩層，比充滿油或充滿水的岩層，吸收震波能量的程度較高。地層內含天然氣時，反射係數固然變大，實際上，利用Bright Spot方法判斷岩層內有無碳氫化物時，不能單靠振幅的變化。由於地質岩石種類的組合以及沈積條件的關係，我們不能斷定地下就沒有和儲油層附近類似的反射係數的存在，同時，由於記錄上的種種誤差以及雜音的關係，表面上可以產生類似的相對振幅差異，所以一般同時考慮好幾種因素，如震波特性、震波群的圖示特徵等，計有下列各項可以做為判斷岩層內有無油氣的基礎：

1. 振幅
2. 流體界面的存在
3. 速度
4. 假構造
5. 干擾波
6. 相位倒反

假如頁岩層內夾一砂層，頁岩層速度為7600 呎／秒，密度為 2.2。砂層為天然氣所飽和時的速度為5500 呎／秒，密度為 2.02 ，而砂層為水所飽和時的速度為6900 呎／秒，密度為 2.05 。在此種速度與密度分布情況下，根據公式計算，在各界面的反射係數，如下。上部頁岩層—天然氣飽和層（R_1）：—0.202，天然氣飽和砂層—水飽和砂層（R_2）：+0.120，下部頁岩層—水飽和砂層（R_3）：+0.083。我們可以想像，這些反射係數能夠產生足夠大的反射振幅異常，用以推測天然氣存在與否的機會甚高。在有天然氣存在砂層中，有者震波速度極端低至 4000 呎／秒，但在普通的岩相裡，如此低速度殆不存在。不過，在石灰岩儲油層內，在包含有天然氣部分的構造頂部，反射波振幅，有顯著的減小現象，形

成所謂小振幅相(Dim Spot)的例子頗多。此時,上面的蓋層,多由砂岩與頁岩的互層構造。此種Dim Spot ,指示碳氫化物存在與否的機率相當高。如果注意孔隙率大的石灰層和互層之間的反射係數,此種振幅度小,無寧是正常的現象。

儲油層內天然氣層與水層之間的流體界面所顯示的反射波,如能以略為平坦的列波被檢拾時,要比單獨考慮大振幅的情形,更能提供可信的判斷參考。此種類型列波,稱謂平坦小振幅相(Flat Spot),可能在將來震測技術發展上,極受重視的對象。當然,除了流體界面,由於其他原因也可能產生類似的平坦列波型態,但是發生這種情形的機會,畢竟非常之少。包括流體界面在內的儲油層,厚度愈大,能辨認流體界須面的機會也愈大。

在許多情形下,將震測剖面上各記錄線的相位反轉,視覺上比較容易辨認流體界面。儲油層及蓋層的傾斜角度愈大,也愈容易認出流體界面。此外,欲辨認流體界面,不用時間震測剖面,而用經位移的震測剖面。因為在施行移位(Migration)時,將有傾斜角度的反射波移置在空間上適當的位置,可減少反射波互相干擾的程度。

震波速度為一項重要的判斷因素。關於一震測剖面,根據震測資料本身,施以連續的速度分析,繪成等速度剖面時,祇要儲油層的厚度仍能維持速度分析的精確度,在儲油層的厚度間隔內,由於有天然氣的存在,速度便減小。對同一地層,由於確認其在水平方向的速度變化,曾導致許多成功的例子。

假構造的存在,本質上和上述的速度異常互相關連,一般稱做 Pull Down或Sag現象。因為含天然氣的地層,速度偏低,震波穿過如此低速度層時,必然會增加震波的走時,以此,低速度層的厚度愈大,愈能使下面的層次呈往下凹陷的構造型態。

干擾,是和反射波位相反轉相關連的現象。在天然氣頂部所產生的反射係數為負,而在天然氣一水界面,或天然氣一油界面以及水一下部頁岩界面的反射係數均為正,此等反射波互相干擾,致使在一連數條記錄線上,振幅減小,產生氣層移至水或油的邊緣部,反射波的振幅突然減小,產生繞射波,或由砂層移至頁岩層,呈現干擾效果,致使振幅減小。

如果在野外炸測或在資料處理時，對於波動的基準極性（正、負）已知時，便可推定反射係數的值及極性，進而可以推定境界面上、下岩石物質的速度增大或減小。如此，可以使震測模型的製作更爲容易，更能提高判斷地下有無油氣的精確度。

Bright Spot 方法，似乎是地球物理探勘技術可將發現油氣的里程縮短，但是它的成功機會，完全要看震測記錄的精確度以及綜合解釋技術如何而定。最近將來的探勘技術目標，勢必朝向能以綜合辨認 Flat Spot, Dim Spot 爲目的，來確立記錄、解釋、以及解釋方法的準繩。正在發展途中的 Bright Spot 技術，要言之，是根據某些判斷基準，以萃取觀測資料中的特殊跡象。更具體言之，震測資料本身，須能精密定量的量度震波速度、反射波振幅、波形、波動徑路等等。儲油層所具有的物理特性，與周遭的地質岩相物性相對照，構成一異常部分。能否測得出前述的計量值的異常偏差或變化量，是第一種問題，在記錄上，保持高的忠實度和信號一雜音比，是必要的條件。假定這些異常值的地質學解釋、油層學的解釋是合理，它們和地震波動論的解釋是否一致，是第二種問題。

第二種問題正表示，在石油探勘上，如果沒有和地質學，油層工程、電測、鑽井資料的綜合研究，單單地球物理探勘技術，不能具備縮短發現油氣里程的能力。所以地球物理探勘者，必須和地層、油層各分野的專家通力合作，迅速的交換資料，期能對地下儲聚石油的情況，作一合理的判斷。

至於第一種問題，完全屬於地球物理探勘技術的內部問題。瞭解影響反射波振幅的各種因素及它們在空間分布的情形，對於認識震波測勘的記錄，十分重要。

影響相對振幅及波形眞實度的諸因子，可概略分類如下：

I　起因於大地物性及記錄系統的諸因子

1. 能量的損失

a. 非彈性的衰減

b. 大地的吸收、濾波作用

c. 球狀分散

d. 地層的濾波作用

2. 因傳遞距離而發生的地震波分散
3. 雜音的存在
4. 地表物質的干擾
5. 水平方向的地質變化
6. 受波器展開長度的焦點效果

Ⅱ. 起因於資料處理的諸因子

1. NMO 重合
2. 解除回旋(Deconvolution)
3. 其他的濾波作用。

三、海域定位測量法

海上震測及勘定井位，均需精確的測量工作。

㈠圓弧交會法：

在定位船上，用電波發送機將信號分別送至陸上的兩個電波站，信號經反射再回到定位船上的接收機，計算電波來回的走時，即可求得定位船至陸地兩站間的距離，此兩距離交會可測得船位或井位。計有RPS (Range Positioning System)，Shoran (Short Range Navigation)，Seafix, Hiran (High Precision Shoran)等系統在商業上應用

㈡雙曲線交會法(或稱距離差交會法)

當船隻由甲點移至乙點，在移動時，所測得船隻至陸上A,B兩站的距離差，若為一常數時，即表示船隻在沿一雙曲線航行。由陸上A,C兩站可繪成一組雙曲線，由A,B兩站可繪成另一組雙曲線。定位船上設兩組接受機，一組測船隻至A,B兩站的距離差，另一組測船隻至A,C兩站的距離差，如此可交會測得船隻的位置。計有Decca, Raydist, Loran, Lorac, Omega 等系統在商業上應用。

㈢人造衛星定位法

一九六四年，美國海軍研究成功一個人造衛星定位系統。最初祇有三個衛星繞地球兩極，和赤道成某一角度，以橢圓軌道運動。衛星高度約為一千公里。此衛星系統稱為(Transit, NNSS(Naval Navigation Satellite System)。地面上有四個追踪站，一個計算中心，以及兩個發波

站，用來控制衛星的運動。

衛星本身的位置，由地面控制站，每隔二分鐘可測定一次。衛星向地面發射 400及 150MHZ 的電波，船上用衛星接收機收取此等信號。由於 Doppler 效果，所測電波頻率，因衛星漸近或漸遠船隻而改變。最小靠近時間，指示緯度，頻率的變化率，指示經度，如此可測定船隻的位置。

衛星環繞地球一圈，約需 1¾ 小時。考慮地球自轉速度及地球上觀測者的視野範圍，每逢衛星在觀測者上空附近時，可看到衛星的兩次通過，一次是觀測者漸近衛星軌道的下方時，一次是觀測者漸遠衛星軌道的下方時，地球上每一點位，在二十四小時內，可通過每一衛星軌道下方兩次。換言之，每一衛星在二十四小時內，對地球上某一固定點位言，可提供至少四次的航海定位。如果空中有三個衛星，吾人可望每天有十二次的衛星通過，即定位的時間間隔約爲兩小時。目前的定位衛星數目已增至六個，故定位的時間間隔，應更爲縮短。

結　　論

石油工業上的地球物理探勘技術，日新月異，實際上能否發揮其效力，端視能否建立一體系，將震波、重力、磁力諸種資料和地質、油層工程諸資料綜合研究，以提高判斷地下有無油氣的機會。欲想縮短石油探勘的里程，必須對地球物理探勘的基本項目，改進其量度的精確性，並積極的發展解釋方法。一方面，須培養專人，能將波動理論的內容，和地質、油層工程諸事象，相關綜合解釋，夙能對地下聚集石油的情況，有較清楚的瞭解。

油層工程概要

張日炎

「油層工程」係應用已知的科學定理及技術，研究如何以最少的投資獲得最大可能的油氣採收量的方法。

油層工程的研究範圍很廣，如把它摘要分類，約可分爲研究下列五大要項：

(1)油氣蘊藏量估算。
(2)油氣層性態分析。
(3)油氣田開發經濟分析。
(4)二期採油研究。
(5)電腦應用之研究。

一、貯油層岩石的特性

油氣層大部份都是由砂岩或石灰岩所組成的，它們的孔隙或裂縫中，最初是充滿着古代的海水的，稱爲原生水（Connate Water）。石油從生油層中移棲進來後，佔據了部份孔隙或裂縫的空間。

岩石總體積中孔洞體積所佔的百分比，稱爲孔隙率（Porosity）。孔隙率又可分爲「有效孔隙率」（連續性或連通性的孔隙率）及「無效孔隙率」（不連續或孤立的孔隙率）（參看第1圖）。只有有效孔隙中的油氣，在目前的情況下才能被採收到地面上來。一般油氣層的孔隙率大多介於10～25% 之間。

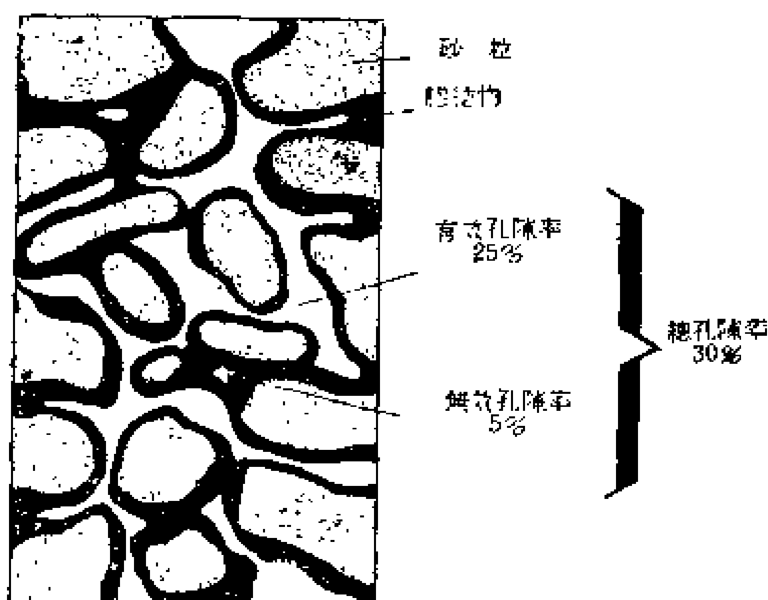
岩石孔隙率的測定，通常是將岩石標本送至試驗室施測；或在井內實施電測，將所獲資料解釋、計算而得。

流體在連通性的孔隙空間中流動的難易，以滲透率（Permeability）來表示。推動油氣在岩石中流動的力量便是壓力。法國工程師亨利・達西在1856 年研究過濾水的實驗，發現流體經孔隙性的岩石時，其流速與岩石的某種特性（屬於常數）及通過的壓力成正比，與流體的粘度成反比。

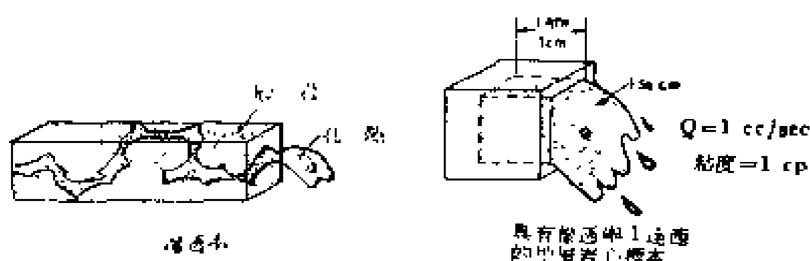
上述的常數便是滲透率，以「達西」爲單位，其定義可從第2圖上看出。

實際的貯油層滲透率很少具有一達西者，故將一達西分爲一千等分，每一等分稱爲一毫達西（md），用來作爲油氣層滲透率的單位較實用。

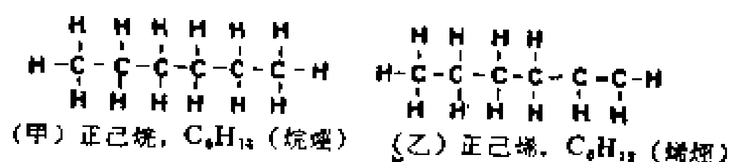
二、油氣的特性



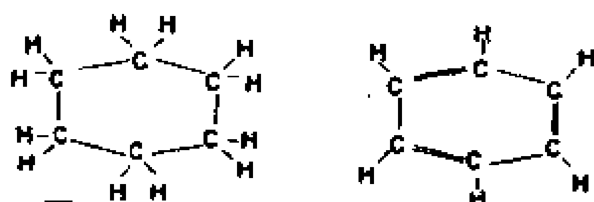
第1圖　孔隙率的種類



第2圖　流體在滲透性砂層中流動



（甲）正己烷，C_6H_{14}（烷烴）　（乙）正己烯，C_6H_{12}（烯烴）



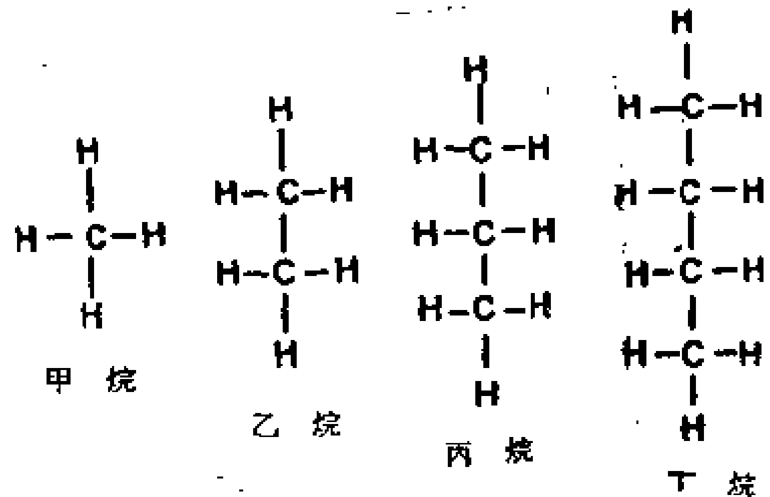
（丙）環己烷，C_6H_{12}（環烷烴）　（丁）苯，C_6H_6（芳香烴）

第3圖　四種烴類的構造式（以含六個碳原子的化合物爲例）

石油是多種碳氫化合物（烴類）的混合物，世界各地產出的石油中的各種烴類的含量，極少完全相同。依化學構造式的不同，石油的成份可以分成四大類，即：烷烴（Paraffins）、烯烴（Olefins）、環烷烴（Naphthenes）及芳香烴（Aromatics）（參閱第3圖）。烯烴在自然界的存在較少，而以烷烴最多。實際上石油中從最簡單的一個碳的分子到最複雜、分子最重的三十幾個碳的分子（瀝青），都可能同時存在。第4圖列示四種最輕的烷烴之構造式，這些就是組成天然氣的最主要成份。

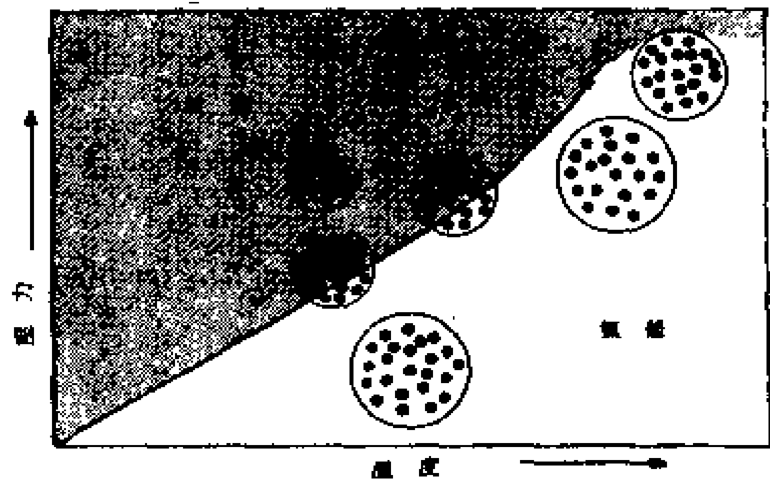
由於壓力及溫度的變化，石油也會像水一樣，變成固態、液態或

氣態。純烴（如丙烷、丁烷或戊烷）在各種溫度下，都有相對應的壓力使得氣液兩相同時共存。第 5 圖例示某純烴的溫度——壓力關係曲線，即通常所謂的「蒸氣壓曲線」，當溫度超過某一數字以後，無論壓力提高多少，都無法獲得氣液兩相共存的現象時，即蒸氣壓曲線上的最後一點，稱爲臨界點，此點的溫度及壓力則分別稱爲「臨界溫度」及「臨界壓力」。



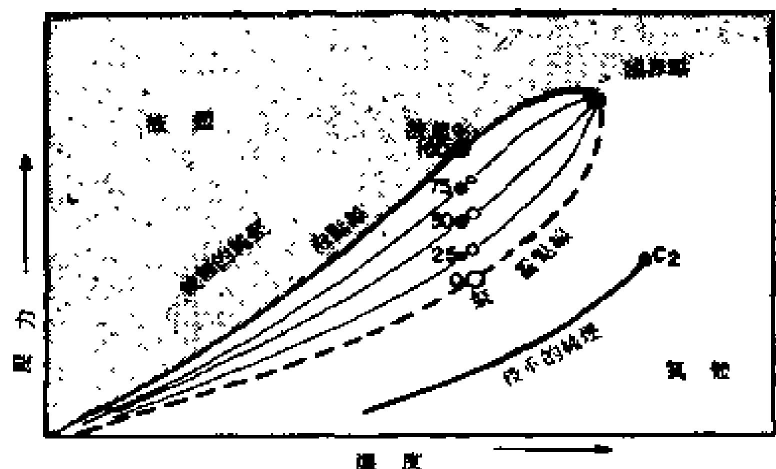
第 4 圖　四種最輕的烷烴之構造式

如果是二成份烴的混合物時，則相態圖不再是一條曲線，而成環狀的圈，如第 6 圖所示。在環圈的範圍內屬於兩相共存區，分別由泡點線及露點線圍成。



第 5 圖　某一純烴之蒸氣壓與溫度關係

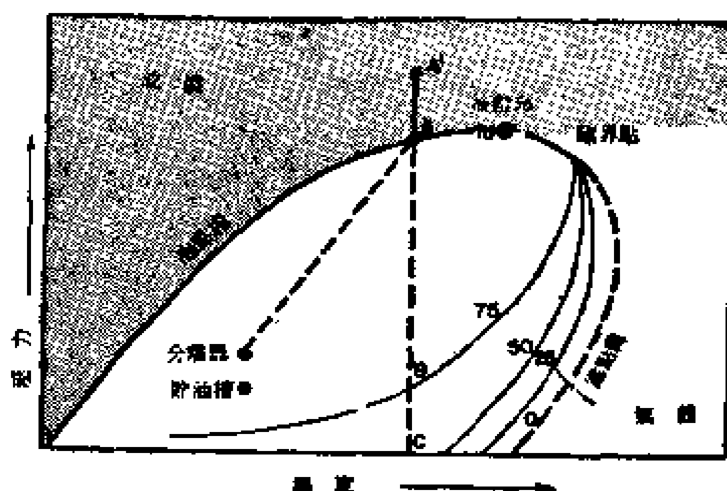
常見的原油之相態圖如第 7 圖所示，油層的溫度比原油的臨界溫度爲低；油層原始壓力如在泡點線上（圖上 A 點），則油層屬於飽和油層，如在 A 點上則屬於未飽和油層。由於在熱的影響，油層溫度是固定不變的，因此在生產的過程中，油層壓力逐漸下降，油層內部的相態是沿着 A B 垂直線下來的。



第 6 圖　兩種純烴之個別的蒸氣壓曲線及其：50：50混合物之相態圖

有些烴類混合物所存

在之溫度高於其臨界溫度，則往往成爲凝結油氣層（第8圖），圖上AB線段的性質與一般物質的正常蒸發或凝結作用相反，卽氣層自A點（100％氣體）開始生產，壓力逐漸下降，氣層中便跟着有液體油凝結，一直生產到B點時，地層中液體油的形成量最多，其後由B點生產到C點時則又恢復正常的「壓力下降，液體卽揮發」的現象。AB線段間的反常現象，特稱之爲「逆變凝結作用（Retrograde Condensation）」。



第7圖　原油之相態圖

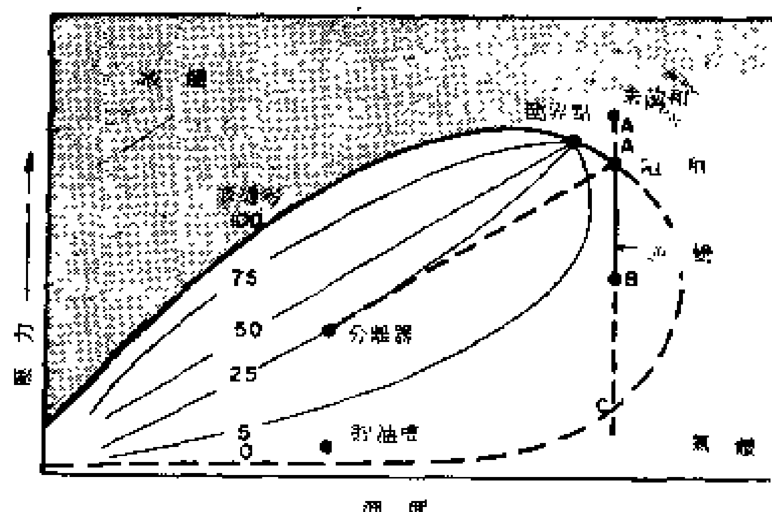
如果氣層的溫度比最高凝結溫度高出很多時，卽表示此種天然氣中油份含量很少，氣層便趨向於乾燥性天然氣層了。

三、流體在油氣層中的分佈情形

如果將一支毛細玻璃管插入水中（第9圖），則管中的水面會自然昇高。毛細管的直徑越小，水柱上昇越高，這是因爲水的表面張力與水對玻璃管壁附着力二者之合力，恰與水柱的重量相平衡的緣故。水柱因受上述二合力的提拉，其內部產生部份眞空現象，故水柱上部的大氣壓與內部之間的壓力差，卽爲毛細管壓力。

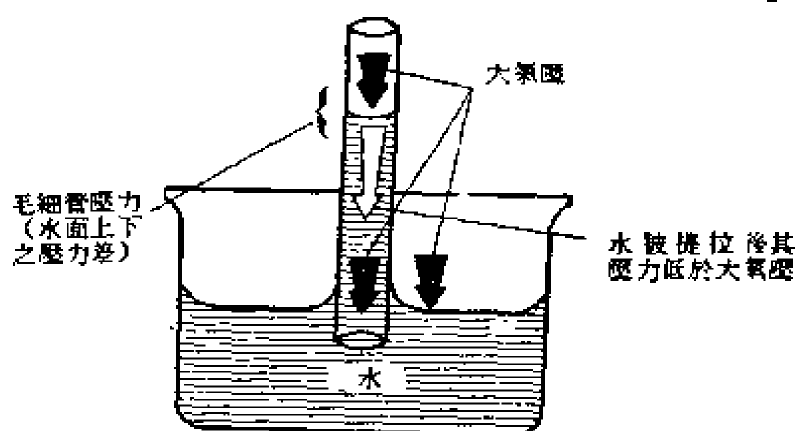
油也會發生毛細管現象，但因油的表面張力及附着力都比水小的緣故，在相同的條件下，油的毛細管壓力比水小。

油氣層由是一些不規則的毛細管所組成的。以



第8圖　逆變凝結天然氣之相態圖

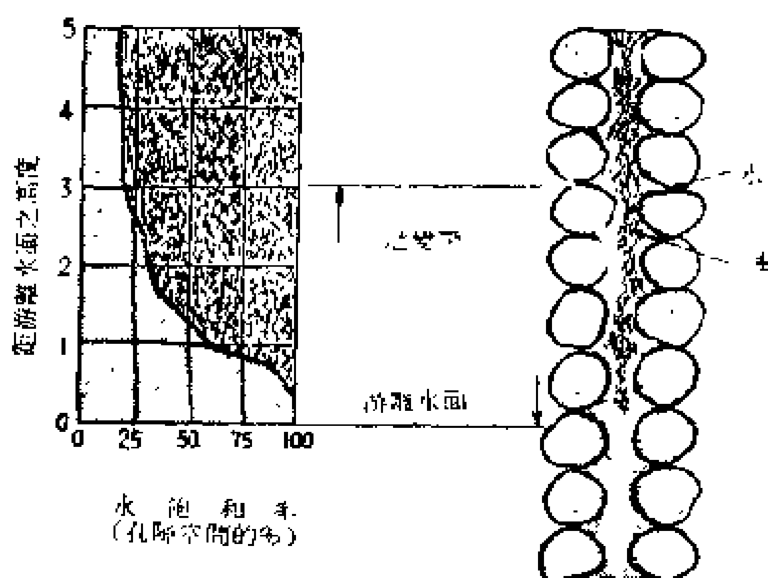
海相沉積而言，最初充滿着毛細管的流體便是海水，當油氣移棲進來時，因水的毛細管壓力比油氣的大，故只有毛細管中間部份的水被油氣所取代，毛細管的管壁上則仍然沾着一層水的薄膜，因受毛細管作用力的影響，這層水的薄膜是不能移動的，故將它稱為「間隙水」（ Interstitial Water ）。計算油氣蘊藏量時，油氣層的有效孔隙總空間中，須扣除間隙水所佔的空間才不致引起誤差。



第9圖　毛細管現象

此外，由於比重的不同，通常天然氣會聚集在構造高區，次為原油，構造低區充滿着原生水。油水交界面附近，由上而下間隙水飽和率從較低的數值漸變為100%，因此，在油水遞變帶內，有一部份間隙水是能夠流動的（第 10 圖）。

四、驅油能源



第10圖　油層砂岩中油水分佈情況

沉積岩達到數百呎或數千呎厚時，其本身的重量即會使得岩石緻密，此時如其中的連通性孔隙與海水或地表相通時，則孔隙中的流體壓力便與流體本身的柱壓相等而與岩石的重量無關。在這種情況下，正常的地層流體壓力大約每一百呎具有46 psi 的樣子（與海水的柱壓近似）。故10,000呎（

3,000　公尺）左右深度的油氣層中正常壓力便約有 4,600 psi　之鉅。

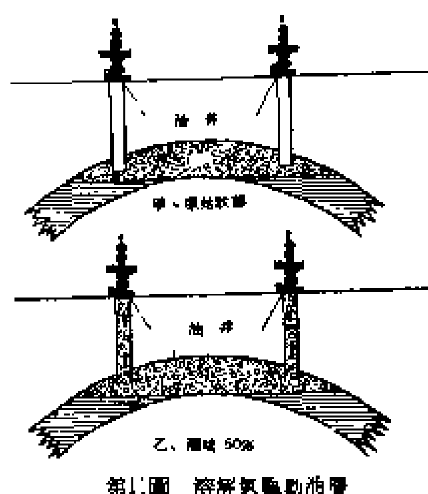
如果沉積岩中某些部份的孔隙空間是孤立的或不與海水或地表連通時，則孔隙中的流體壓力便會不正常——高於或低於靜水柱壓。深部的沉積岩因地殼運動的影響上昇到淺部時，其中的孔隙空間往往便會封閉異常高壓的流體。

油氣井生產時，井眼附近壓力下降，誘導油氣從地層中流向井底，可見壓力是驅油能源的主力。除此之外，天然氣從油層的內部或外部因膨脹作用，也可將原油驅出；環繞着油層周圍的水層，也會提供能源使水取代原油佔據的空間，並將之驅逐到地面上來。

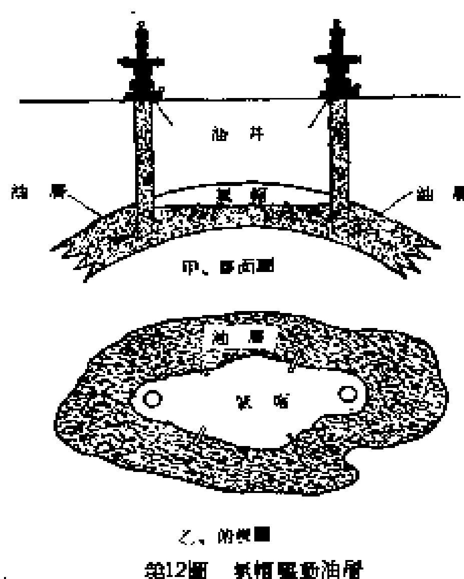
下面簡單介紹各種驅油的機構作用：

1 溶解氣驅動

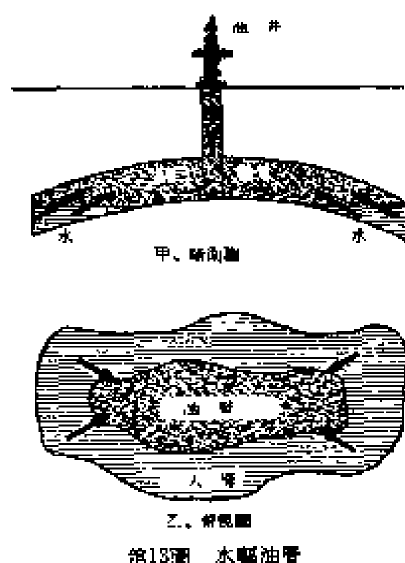
設油層的邊界完全由緻密的、不透性的岩石所包圍，則原油的生產便只



第11圖　溶解氣驅動油層



第12圖　氣帽驅動油層



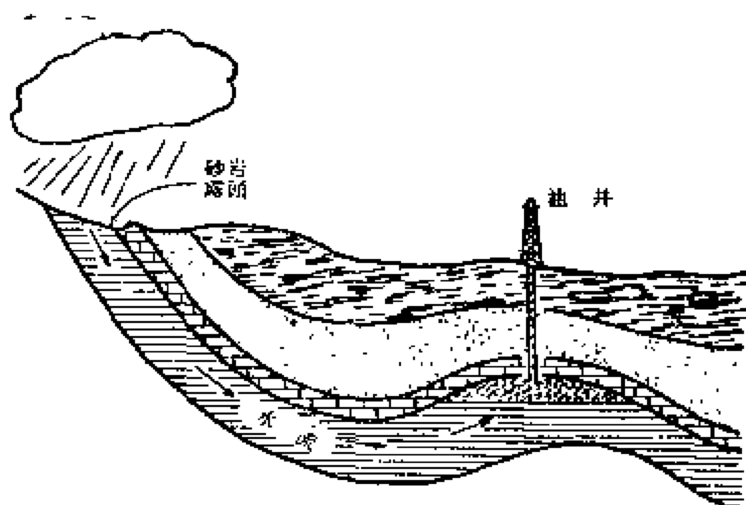
第13圖　水驅油層

有依靠溶解氣驅動了。原油中較輕的成份，當壓力下降時，便形成氣體，膨脹性極強，可將原油驅往井眼。然而因爲天然氣較原油輕、粘度低，其對岩石孔隙表面的毛細管作用力也較原油小，故天然氣的流動較原油快速，引致天然氣的相對滲透率較原油大很多，因此，在生產過程中油層壓力下降迅速，原油採收率很低，大約只有原始地下蘊藏量的5～30％而已。故溶解氣驅動油層生產不久後，便須使用泵浦抽油。第11圖例示溶解氣驅動油層。

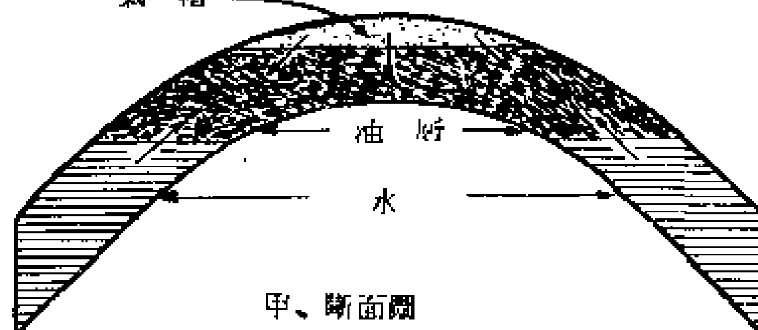
2.氣帽驅動

石油貯聚時，如較輕的成份過多，無法完全溶解在液體的原油中，則在構造高區便會貯聚游離氣；換句話說：這也是因爲地層壓力不夠高，無法將較輕的成份壓入油層中溶解在液體油中的緣故。

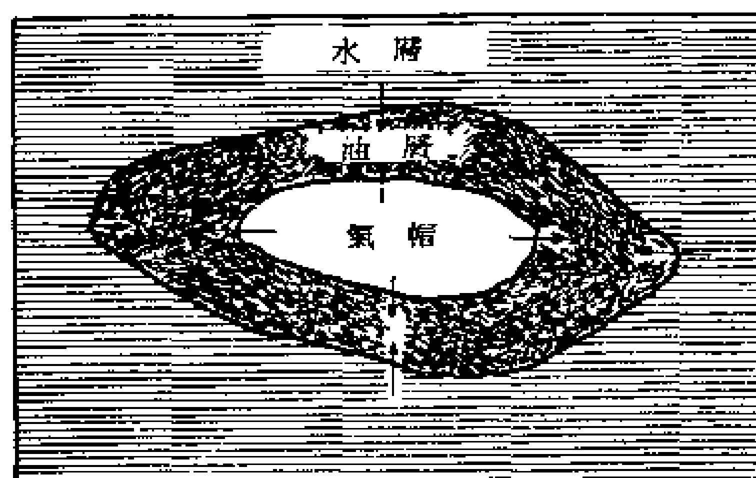
這種油層生產時壓力下降，除了引起溶解氣驅動原油外，高區的氣帽也會發生膨脹作用，協助驅油至井眼。故油層壓力下降較緩慢，生產壽命較長（與氣帽大小有關，氣帽越大、壽命越長），原油採收



第14圖　天水驅動油層



甲、斷面圖



乙、俯視圖

第15圖　綜合驅動油層

率可達 20～40％　左右（亦與氣帽大小有關）。第 12 圖例示氣帽驅動油層的情況。

3. 水驅動

有許多時候，油層往往被一廣大的水層所環繞，水層的孔隙中充滿着古代的海水，如果油層與水層之間的連通性良好時，當油層因生產而致壓力下降時，四週的地層水便會侵入取代原油的空間。這種方式生產原油時，油層壓力下降極緩，甚至於不下降（如果水層很大，水驅極強烈時）。水驅的方式有兩種：一為自油層的翼部侵入，稱為邊際水驅動（第 13 圖）；另一為水層即在油層的底部，稱為底水驅動（第 14 圖），這種水層往往在不遠處即有露頭，與地面水連通，唯出現的機會較不多見。水驅油層的採收率可達 35～75％　左右。

4. 綜合驅動

油層很少會固定在上述中的某一種驅動方式下生產，除了溶解氣驅動是最基本的驅油能源之外，原油生產時通常都會有某種程度的氣帽及水層驅動（第 15 圖），使得產油的機構作用變得很複雜。無論以什麼方式驅動原油生產，都會遺留相當大量的原油在地層中無法採出，故以人工方法提供驅油能源是必要的（當然此事須在經濟上站得住脚才會去做）。

五、油井之生產力

每一口油井生產原油之能力，可以「生產力指數（Productivity Index, PI）」表示。這是測定井底壓力下降與原油生產能力之間的關係的一種指示。

生產力指數的定義為：「井底每下降 1 psi 的壓力時，每日能生產到地面上的原油之桶數」，即

$$PI = \frac{Q_o}{P_{ws} - P_{wf}}$$

式中：Q_o ＝ 產油率，STB／Day

P_{ws} ＝ 井底靜壓，psi

P_{wf} ＝ 井底流壓，psi

故PI 的單位為STB／D／psi，STB 係Stock Tank Barrel 之簡寫。

通常油田中的每一口井都可以低、中或高生產力指數來分類，PI 的分分類大致如下：

低生產力，PI＜0.5

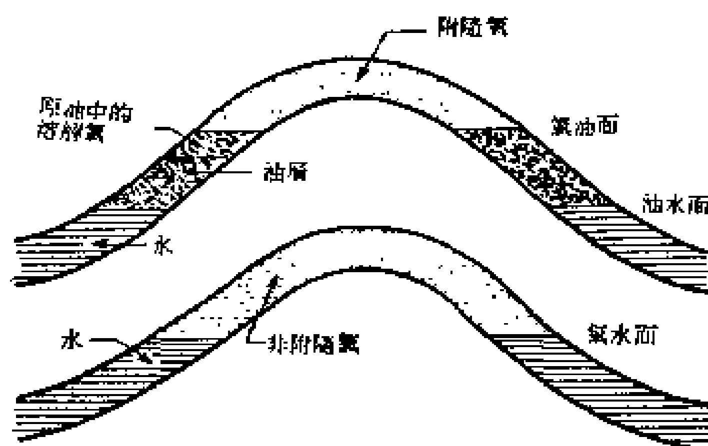
中度生產力，PI＞0.5＜1.5

高生產力，PI＞1.5

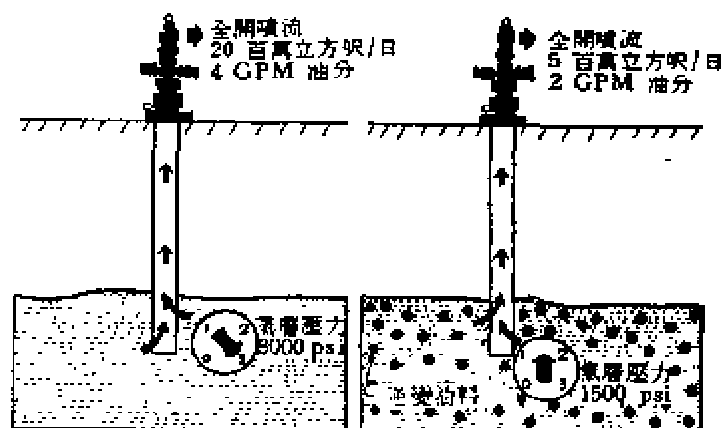
PI 低到0.01 者並非沒有，大到50—100 者也很普通。

六、天然氣層

依來源的不同，天然氣可分為三種：(1)附隨氣（Associated Gas），即油層高區的氣帽氣，(2)原油中的溶解氣（Dissolved Gas in Oil），(3)非附隨氣（Non-Associated Gas），即純粹的天然氣層是也（第 16圖）。



第16圖 天然氣的來源

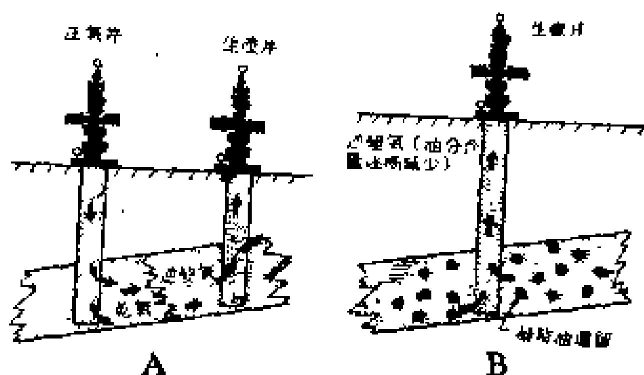


第17圖 壓力對於氣井全開噴流能力及油分含量（GPM）之影響

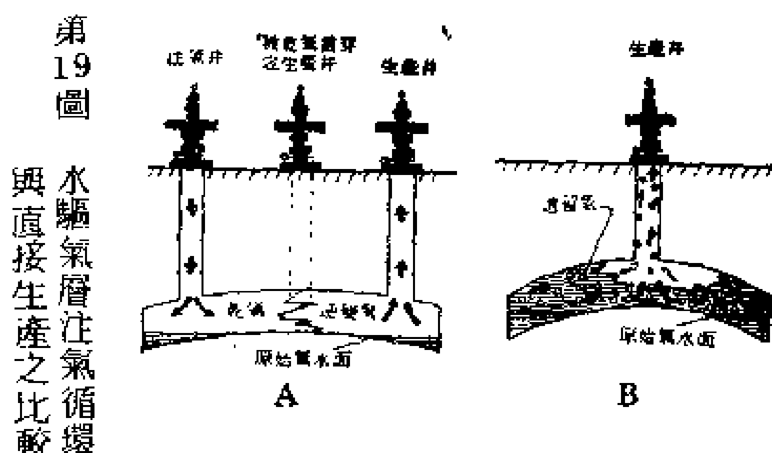
氣層如果含有相當多量的中型烴類分子（C_5^+），加上地層溫度又不太高的話，則生產時由於壓力逐漸下降，這些中型烴類分子便會發生逆變凝結作用，變成液體油料遺留在地層中，被地層中的毛細管作用力吸住，無法採出，故在地面上採收到的凝結油量便會逐

漸減少（以GPM，加侖/千立方呎天然氣表示，參閱第 17 圖）

天然氣層生產時的驅動能源有二：一爲依靠天然氣自身的膨脹，從地層中的高壓處流向地面的較低壓處，這種方式叫做涸竭型生產（Depletion Type Production）（第 18 圖B）；另一爲水驅作用，這種方式生產時，氣層因受水層壓力的支撐，氣層壓力下降較緩或不下降，故氣井的生產能力始終較高，氣層中逆變凝結遺留的油料損失也較少，但因水與天然氣的粘度差別太大，水驅天然氣的置換效率不高（第 19 圖B），使得水驅型氣層的天然氣採收率較低，最多只能達到百分之七十餘而已，而涸竭型氣層的採收率則可達百分之八十五以上。



第18圖　氣層無水驅時注氣循環與直接生產之比較



第19圖　水驅氣層注氣循環與直接生產之比較

如果氣層中因逆變凝結損失的油量很多，加上環境又允許的話，則這些損失可用「注氣循環法」（Gas Cycling）來防止。即在氣層的某些適當井位上注入乾燥天然氣，吸收油份後，自生產井產出，然後送入天然汽油廠中提煉，再將乾氣注回氣層中循環，直到此種操作無經濟價值時，才開始採收天然氣（第 18 圖A及第 19 圖A分別例示此種操作）。

七、油氣田開發經濟分析

通常一個油氣田的開發生產年限以10～20年爲最理想。故可根據油氣蘊藏量、每一口井之生產能力，訂出所需鑽鑿的生產井數，於是油氣處

理設備、管線等與油氣田開發有關的總投資費用便可估計出來，再根據油氣價格、法令規章、地主國與外資合作者之間的合約規定等等因素，作油田開發經濟分析，列出下列分析得的經濟指標（Economic Yardsticks）:

(1)現值（Present Worth）：將生命壽命期間每年採得的油氣價值，以現在銀行利率（目前設為年利10%）折算為目前的現金之總和。

(2)投資報酬率（Rate of Return）：總投資開發一油氣田所能獲得的利益以銀行利率來表示。

(3)還本時間（Payout Time）：投資收回所需要的時間（投資利息以年利10%計）

(4)利潤——投資比（Profit-to-Investment Ratio or Capital Productivity Index）：每一元投資所能獲得的利潤，係現值與投資額之比。

(5)風險（Risk）：考慮天災人禍對一油氣田開發的可能影響，目前只能作定性分析，尚無法作正確的定量分析，但由於統計學的日漸發達，此問題的分析日有進展。

上述五個經濟指標中，以第(2)項的「投資報酬率」最為重要。如果一油氣田的開發經濟分析結果，其投資報酬率太低時，則外來投資人必不感興趣，或者必定會要求地主國提高油氣收購的價格；反之，如果投資報酬率太高時，地主國必定設法壓低外資所應分得的油氣產量的收購價格，雙方間的爭論難免。

海域石油鑽探及開發技術

黃錦瀅

一、前　言

海域鑽井作業其本身與陸上鑽井工作並無太大區別，問題在海域鑽井設備如何裝設在海上進行鑽井，因此其主要關鍵在如何克服海床上所覆蓋的一層海水，探採海域石油可查考之記錄為自1880年至1890年間在加州海岸架設棧橋開始以鑽斜井至海底下採油起，迄1920年到1930年，在委內瑞拉馬拉開波湖及墨西哥灣海域進行鑽井與採油，經過三十年來的發展，鑽井地點由海岸，淺海逐漸進至海域深處，目前在200公尺水深以內的海域探採石油已極為普遍，而新的海域鑽井設備設計已可在500公尺水深處作業。

海域鑽井所用設備在探勘階段均用可移動式之設備，這包括船式，自動昇降式及半沉式鑽井船，但在海邊水淺之處，亦有使用人工島、棧橋式及可沉駁船之鑽井設備。至於在開發期間，均使用鋼製之鑽井平台，在平台上裝設鑽井設備，利用定向鑽井方法，在一個平台上鑽鑿20口至50口之生產井，並且於鑽井工程完成後，在此平台上裝設生產設備（亦有的另建造生產設備之平台）使油氣得以生產。

二、探勘階段的海域鑽井設備之介紹

1.固定式——應用在淺水地區

(1)人工島：在水淺的濱海、河口、湖中、沼澤等水浪平靜，且附採取土石容易處，可以砂礫堆積成島，以從事架設機器鑽井，但因受水深及環境之影響，使建造費用高昂，現已漸不採用。

(2)棧橋式：在近岸鑽井時，由岸邊搭建棧橋伸入海上，於橋末端作一井台，架設鑽井設備，而進行鑽井工作。

(3)可沉式駁船：使用於灣內淺灘或沼澤處，鑽井時船底沉坐於鑽探地點海床上，因此鑽井作業之水深受船身高度之限制，但與自動昇降式鑽井浮船比較，其建造費用甚爲經濟，且可穩定安全的進行鑽鑿。

2.移動式——應用在海水較深地區，此式設備依其構造之不同又可分爲：

(1)自動昇降式：是在船殼上安裝鑽井機器，加上支脚所構成。一般支脚數爲3—4支，此支脚可上下昇降，於鑽井位置把支脚撐於海床上，使船殼昇高遠離海面上，以免海浪冲擊，因其支脚撐於海床上，故作業時穩定度大，但受水深限制，水深大時支脚之長度及强度均需相對增加，同時移動時收起支脚，使重心提高，航行不穩，容易發生危險。若湧浪大時，支脚無法上昇或下降，船殼亦無法上昇或下降，因而發生停工。此型式鑽井設備又可分爲Independent Legs及Mat Type 兩者，前者各支脚可以單獨升降，海床不平時更爲適合，後者三支脚固定在另一底座（Mat）上，三支脚須同時升降，限於海床面平緩地區。

自動式昇降式鑽井設備，在其支脚插入海床後，不受波浪影響，穩定性佳，然後從其上進行鑽井，一如陸上，毫無二致。惟自動昇降式鑽井設備在支脚上下升降操作時，海浪不能超過1.5公尺（五英呎），而且這種海浪至少需要保持廿四小時以上，因此於作業時風浪預報非常重要，且不能有所差錯，否則在起下支脚時，倘因大浪則會使鑽井設備導致嚴重的損毁。選用自動昇降式鑽井設備，事先必須就作業區做詳細的海床調查，且須考慮其可以作業的海水深度。目前一般之設計可在76 公尺（250英尺）水深作業，但亦有可達105公尺（350呎）者，惟租金甚貴。此外尚須離作業區，否則異常危險。

(2)半沉式鑽井船：此爲船身與升降式混合而成的鑽井設備，因船身可當爲沉箱，沉入水中，再以架脚支撐工作台於水面上數公尺，鑽台離水面高度可由調節沉箱水量而調整，而少受海浪影響，船位以錨碇固定，此式船亦可裝配推進器，以利其自己航行，否則移動井位

時須藉拖船拖動。

半沉式鑽井船，亦不受海床形狀及其表層地質的限制，但作業區的海水深度須深於30公尺（100英尺）至40公尺（130英尺），因其沉箱沉入水中深處，故穩性高，一般風浪在5－6公尺（16－20英尺）以內，還可作業，惟此等設備造價高昂，船上空間有限，對於器材及補給品之貯放，爲量不及鑽井浮船，倘海上惡劣氣候爲期長久，則在惡劣氣候下，補給船不能在其旁邊停靠，補給不繼，工作將陷於停頓。至於抛錨起錨作業之限制，亦若鑽井浮船。

三、海域鑽井與陸上鑽井設備之差異

海上鑽井與陸上鑽井之最大差異，在於克服間隔著的一層海水，因此波浪、海流等天候影響工程至爲巨大。爲了克服這些自然環境對鑽井工作的影響，海上鑽井井口設備與陸上鑽井井口設備應有不同之設計。

1. 海床懸掛管串系統（Mudline Suspention System）：以架塔式、棧橋式、自動昇降式、鑽井設備鑽井時，爲減輕架塔的負荷，所有管串（套管）均懸掛於海床上，然後再以管束（Pipe Boundle）與工作台上之防噴器連接，工作台上之鑽井作業與陸上鑽井方法則完全相同。
2. 水下防噴設備與伸管：以浮船式及半沉式鑽井船鑽井時因船身受天候、海浪、潮汐之影響，使船位上下浮動，水平移動及搖擺，故井口防噴設備無法設於船上，只得固定在海床上，然後再以伸管（Riser）延伸到水面之鑽台，水下防噴器可以船上以液壓控制操作之。
3. 起伏緩衝避震設備：以浮船或半沉式鑽井時，一般隨波浪起伏而上下移動，使管串下之鑽頭鑽鑿地層時無法保持一定的加重，甚至與地層發生衝擊情形，不但影響鑽進速度，而且縮短鑽頭壽命，爲避免此種情形，有的在工作台上之管串掛勾加裝緩衝器或在管串上加裝滑動定位器，期使鑽頭之加重保持不變。
4. 遊車導軌：因鑽井船隨波浪起伏，使井架前後左右擺動，於起下管串時遊車若無軌道，管串必定嚴重擺動而無法工作，並且會產生危險，故在遊車上下之途徑安裝工字樑，做爲軌道，使遊車沿此軌道上下。

5. 倒管系統捉管設備：在鑽井船上起管，若所有管子均排放在井架上，則船之重心提高，並且增加受風面積，降低穩定，如使用倒管系統（Pipe Racking System）則管串隨起隨倒，並即存放在管架上，所佔面積小，亦使重心降低，提高穩定度，倘鑽桿仍須立在井架上，亦須備有捉管設備，俾以風浪下鑽井船搖晃不定起下鑽時容易將鑽桿捉住，立於井架之上。

6. 船位固定系統（Anchoring System）：鑽井浮船及半沉式鑽井船在從事鑽井時，當然不能受海流、風浪之影響而隨時移動位置，一般水深在600呎以內者可以錨碇來固定船位，通常用八個、九個或十個錨來固定它，下這些錨碇的工作，都要靠其他的工作船來施工。

水深超過600呎時，因錨鍊太長強力不足，無法使船身保持穩定，故不能依靠錨碇來固定船位，幾經研究而發展出一種動態定位系統(Dynamic Position)是在船身上加裝一套電腦及四個方向的推進螺旋槳，和一組感應設備。感應設備有兩種，一種是在海底井口處裝一電波反應器（Pinger），由電腦控制，每間隔一段時間發射電波一次，並由井口之反應器反射回船上之電波接收器，經電腦計算出其相對位置之改變而發動螺旋槳，將船推回原位，另一種是在船上加四條錨鍊，分別在不同的四個方向，然後以電腦計算出不同之錨纜張力，並發動螺旋槳將船推動，使錨纜回復原有之張力。

不論鑽井浮船或半沉式鑽井船，雖其利用錨鍊固定船身，然亦不能使其中心對準海床上的井口中心。普通在設計上，鑽井船的中心與海床上井口中心之允許水平距離為水深的十分之一。換言之，如果水深為100公尺（330英尺），則鑽井船可以因海流海浪的影響與井心發生10公尺以內的距離，因此前述的昇管與防噴器之接頭，須用球形接頭，使其錨自井口中心線各擺動五度之範圍，以資適應實際需要。

四、開發鑽井及生產

海域油氣田，經過第一口探井獲得油氣後，尚須使用探勘階段所用之鑽井設備在油氣田週圍加鑽證實井，倘知其生產範圍及證明其具有經濟價值，即可進行開發鑽井，進行生產。

海域鑽開發井生產，其完井方法目前有兩種方式，一爲海底完成法，供深海之用。一爲井台完成法，供水深在五百呎以內者使用。所謂海底完成法，通常使用可移式鑽井設備進行鑽井，試油氣完工後，將井口生產裝置，設於海底，然後在海上裝設一較輕便的生產台，將油氣處理等生產設備裝設其上，如此以達生產之目的。惟此法雖經多年研究，距離經濟實用尚有時日。特別是在深海，希望其不需潛水人員之協助，而能完成安裝、操作、修護，頗不容易。故井台完成法，仍爲目前實用之方法。

所謂井台完成法，係指在海上建造一鋼架式架台，其強度應可承受風浪衝擊，並支撐鑽井時所有負荷。鑽井時在其上裝設鑽井機器，採用定向鑽井技術，自一個井台上鑽鑿20－50口油氣井，將井口生產裝置裝在水面上，各油氣井完工後，將鑽井機器自井台移走，換裝油氣處理等生產設備，俾利生產。或在鑽井同時，裝上油氣處理等生產設備，一邊繼續鑽井，一邊開始生產。現今海域常用之井台型式計有下列五種：

1 一般鋼架式：此種井台係在陸上建造後，以駁船運至海上按裝，乃目前世界各海域最常見之井台。但水深達五百呎時，此型井台重達一萬餘噸，駁船之載重量有限拖運不易，改用其他型式

2 自浮鋼架式：即前述鋼架其中兩腿，直徑加粗，使其成爲浮筒，則井台可在海上自行飄浮，以拖船拖運至按裝地點。此型之井台以其便於移動，故可建造用於深水。其建造工程亦在陸上完成後拖入海中。或利用乾塢（Grave Dock）施工浮送入海。

3.張力腳架式井台（Tension Leg Platform）：此種井台係以半浮沉式船體，以粗鋼纜固定於海上，船本身仍浮於海上，實際上如同鑽井船方式，但錨碇使用鋼纜。此一型式建造費用較省，地震之影響亦小但颱風區域因海浪風壓過大地區，不適於使用。

4.錨碇加强式：即以一般之鋼架結構井台四週再以大型錨碇加强其穩定性，如此鋼架本身結構可以稍弱，部份應力藉錨碇加强，建造費用較省，但目前仍在萌芽階段，理論上似屬可行，仍需經相當之試驗始可證明其實用價值。

5.混凝土井台：此爲近年新發展，利用鋼筋混凝土建造，全部重量坐於海床，故又稱重力井台（Gravity Structure）。此種井台之腳架底座

甚粗，內部爲空心，可供儲油，故油井使用可得儲油之便利，較爲經濟；氣井則不甚合適。至於建造，則需靜水深港灣（約二百公尺水深），一面建造一面下沉。故建造時選擇水域頗受限制，完成後藉浮力飄浮拖至井位，又地震地區亦不宜採用。

如前所述，井台不獨可供鑽井之用，亦爲供生產時裝設油氣處理等生產設備，惟因各地海況不同，各油公司之政策不同，生產井之井台及油氣處理等生產設備之井台亦有分別其建者。

五、海域生產油氣之存貯與輸送

海域生產之原油，可藉管線、油輪、油駁等送至目的地。近海之原油生產，多以管線爲主，如因管線投資不合經濟，乃改以油輪或油駁裝運。

1. 海域石油儲槽：海域石油儲存設備，用爲短期海域原油貯存，在船運不連續操作情況下，保持油井經常生產。目前發展成功的海域結構設備，一種是用於波斯灣的瓶型沉式油槽。此種油槽有三座連接一起，每座存油量約爲五十萬桶。槽體大部份存沉水下，只有瓶頸露出水面，爲裝卸原油部位。另一種是用於北海 Ekofish 油田的鋼筋水泥油槽，儲量一百萬桶。爲防油輪碰撞，其外圍築有防撞牆壁。
2. 船運：油輪、油駁用於產量較小，或離岸較遠之礦區運輸。採用船運是在經濟條件不允使用管線輸送情況下行之。船運原油易受海域環境及天氣影響，引起關井停產，收益減少，並影響市場供應。

除上述兩種海床固定式油槽外，還有浮筒式油槽建於波斯灣，稱爲波座油槽（Parzatad），存量一百萬桶。除用來貯存原油外，亦有海水脫鹽，裝船等設備。整體以單點錨碇系統固定在海底，以禦風浪潮汐等氣候影響。

3. 天然氣的輸送，端賴輸氣管線，將其輸送到岸上。惟近年來，有因敷設輸氣管線不合經濟條件者，乃在船上興建發電廠或肥料廠，將此等水上之發電廠或肥料廠拖至海域氣井生產台附近，利用天然氣發電，將電力輸至岸上使用，或用天然氣製造肥料，轉運至陸上銷售。

   另一種天然氣輸送方法是在生產台上安裝全套天然氣液化設備，就地將所生產之天然氣加壓液化，然後裝ＬＮＧ船，運送至目的地銷售，

惟造價甚爲昂貴。

六、其他配合工作

1. 器材儲運及補給基地：海上鑽探作業開始時，爲了便於鑽探器材之運補，器材儲存和人員的辦公場所，應於港口附近設立陸上基地，以爲補給船之裝卸器材。
2. 直昇機及補給船：海上鑽井船與陸地間之交通工具、人員交班爲求迅速均以直昇機運送，至於各類器材之補給，因數量多、重量大，則以補給船來運送。
3. 氣象：海上作業受天候影響最大，故對天氣的變化、海浪大小、風速等均須預先測知，以便及時採取防範措失，否則不但影響工作，甚至危及工作人員之性命。
4. 通訊：海上工作場與陸上之通訊以無線電爲之，凡有關事務之連繫或工作指揮均透過無線電達成，通常所用者計有高頻率無線電（ＨＦ）特高頻率無線電（ＶＨＦ）及超高頻率無線電（ＵＨＦ）。

海象、氣象與鑽井工作之關係

何邦碩

一、前言

海域鑽井原理與方法大都與陸地鑽井方法相似，只是兩者鑽井環境不同，一為海洋，一為陸地，因而小部份設備有所不同，自船底至海底如 Riser, Temporary Guide Base, Permanent Guide Structure, Well Head System, Bumper Sub, Motion Compensator 等設施，無非是在穩定其鑽井管串，而增加其鑽進率。陸地是靜止，而海洋是動態，促使海洋成為運動狀態的因素即為氣象和海象各因素。本文試介紹影響鑽井工程（包括鑽進、下套管、下水泥、電測、打撈、套洗、潛水安裝及檢查井口及防噴器工作）之海象、氣象各因素；如風（東北季風、颱風）、波浪（風浪、湧浪）、海流（飄風流、密度流、潮流、濁流、固定流）、潮汐（天文潮、氣象潮、平均海平面）、能見度、溫度（大氣及海水溫度）、降雨（雷雨、暴風雨）、海底土質（礫岩、泥砂）等，同時介紹各因素成因、定義、簡易觀測法，及其與鑽井之關係。

又因在海域鑽井，不論是浮船式、半浮沉式、可沉式、昇降式等鑽井設備在海上實施鑽井工程，受海水流動影響皆可視為船體運動，本文亦試討論；並對台灣海域使用不同型式鑽井船時，因海象、氣象因素促使其作業停頓，所造成時間損失分析方法作一介紹。

最後根據台灣海域海洋環境特性，提出鑽井時間及鑽井地區之選擇，建議鑽井船安全儀器系統，船舶動力固定位置系統，緊急鬆放錨鏈系統，鑽井尋找及返回井位系統等新式系統設備以穩定及加强鑽井船安全，減少鑽井作業時間損失，快速尋找井位，增加鑽進率為主。由於各項儀器設備皆屬創新，剛剛在鑽井方面使用，其可行性經濟效益，尚在試驗階段，需進一步評估，然其設計旨意却值得我們效法、嘗試。

二、影響海域鑽井之氣象、海象因素

風

由於太陽距離地球之遠近，隨四季不同而有變化，地球各處受熱不均勻，溫度差產生對流運動而發生風，此流動如兩邊壓力差、高位能一低位能流動壓力高流向壓力低之型式原理相同。

A. 東北季風：蒙古及西伯利亞冷而乾，高壓自九月底開始南下，至十一、十二月逐漸成熟氣壓梯度增大，風速亦加強，經常吹 6 － 8 級風，也有超過 9 級以上。

B. 颱風 TYPHOON（Tropical Depression ）

(a)成因條件：

(1)距離赤道至少緯度 5° 以上，地球自轉偏向力（ $F = 2W.Sin\theta.U$ ）影響造成氣旋形旋渦。

U ＝氣團或水團流動速度

W ＝地球自轉角速度

F ＝地球自轉偏向力

θ ＝緯度

(2)溫暖開濶的海面 Mean Sea Temp. 27°C（80°F ）。島嶼多摩擦，無法形成。

(3)風力微弱，風向多變。

(4)地方性陣雨連續不斷，表示對流性不穩定。

(5)廣大地區內要有暖和低氣壓區，有一條或兩條封閉等壓線。

(6)與高空之强烈水平輻散氣流相吻合，此為颱風之催生作用。

(b)分　類：

(1)按颱風風速之大小分為三類：

輕度　34 ～ 63 KTS（ 17 ～ 32 m／sec ）

中度　64 ～ 99 KTS（ 33 ～ 50 m／sec ）

强度　大於 100 KTS（ 51 m／sec 以上）

(2)按颱風暴風半徑（指風速 34 節以上）之大小分類

小型　半徑不足 100 浬

中型　半徑介於 100 ～ 199 浬

强烈　半徑大於 200 浬

(c)命　　名：發生於北半球經度 180°以西之颱風，使用英文字母 A 至 W（中間缺 Q 及 U）之字母爲首，順序排列成女性人名，共有四組，每組皆有 21 個女性人名輪流使用。

(d)颱風特性：因颱風在北半球是以逆時針方向進行，在颱風進行時，在其右前方範圍最危險，左前方及右後方較危險，船舶如在左後方則較安全。見圖 5-1-2

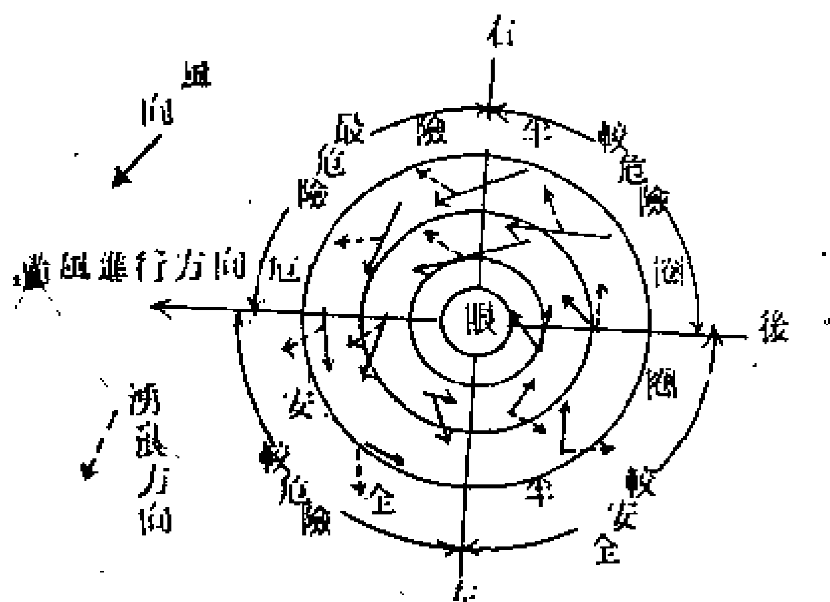
(e)颱風一般生成在南海及菲律賓東方海面，颱風生成時間在每年 4 － 11 月期間以 7 、 8 、 9 月最多（過去），10月以後較少，近兩年來，颱風則以 10 、 11 月最多，此時東北高壓則橫掛於北部海面，此時如有低壓自南部通過，因恰值東北季風盛行，氣壓梯度增大，風速更強。浪（風速、吹風區域、吹風延時爲產生波浪三要素）

A. 波浪名詞

(a)風浪（在吹風範圍內所造成之浪，週期短、速度慢）。

(b)湧浪（波浪離開吹風範圍後向外進行，週期長、速度快）。

(c)$H_{1/3}$，$T_{1/3}=\frac{3}{N}\cdot\sum_{1}^{N/3}$ $\cdot H_{N/3}$依大小順序排列之波高讀數中，以其中最大$\frac{N}{3}$個之平均值。（H＝波高　T＝週期　N＝波數）



(d)$H_{1/10}$，$T_{1/10}=\frac{10}{N}\cdot\sum_{1}^{N/10}$ $\cdot H_{N/10}$ 依大小順序排列之波高讀數中以其中最大$\frac{N}{10}$個之平均值。

(e)Hmax，Tmax 爲觀測期間最大波高及週期值。

(f)$\bar{H}$，$\bar{T}$爲觀測期間所有波高及週期之平均值。

(g)理論上而言 $H_{1/10}=1.3\cdot H_{1/3}$，$H=1.9\cdot H_{1/3}$

B. 目測法

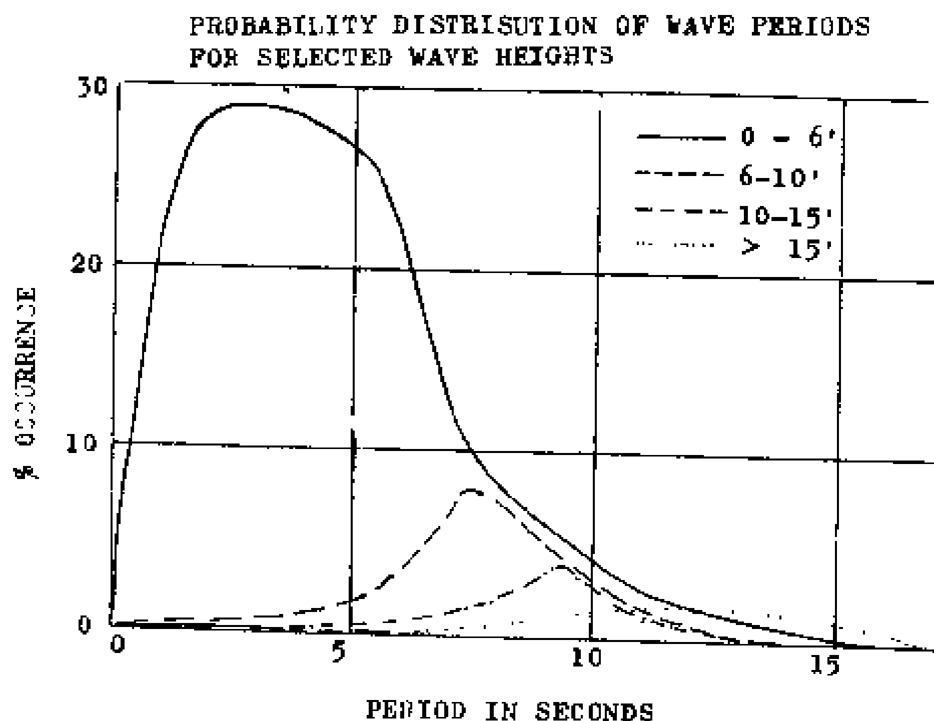
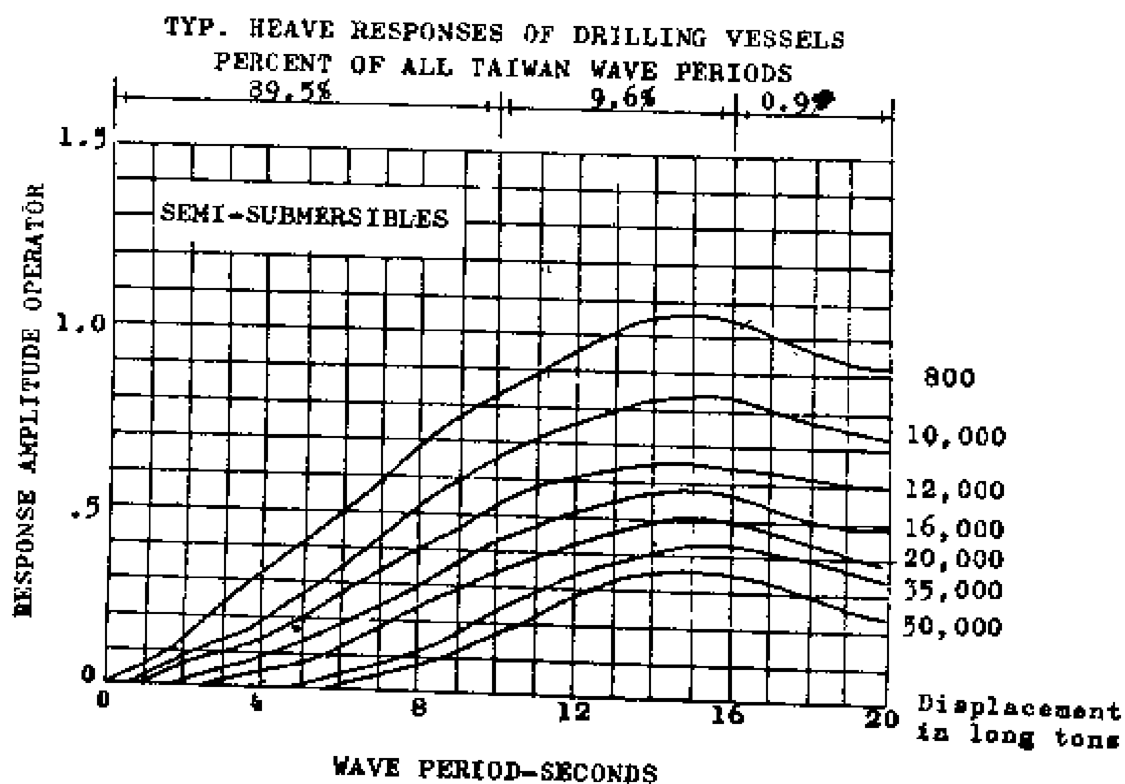


圖 2　台灣海域各個波高群出現或然率

圖 3　半浮沉式在台灣海域不同波浪週期



(a)波高：頂風以靠近船中綫正船中（Amid Ship）求其波峯與波谷間之距離在搖擺顛跛中，對於波高小之波浪每易估計過低，波高大者，每易估計過高。

(b)波長：利用船舷之固定標誌（波長小於船長時）來測定。

(c)週期：選擇離船稍遠之明顯泡沫或漂浮物（海鳥、木箱、紙箱）作爲基準點，並以馬錶觀測兩相鄰波峯或波谷，經過基準點所需要之時間。

(d)波長：波浪來自正前方或正後方。

順浪時航速等於波速，波長（呎）$=\frac{1}{2}$（航速）^{2}

(e)波向：以啞羅經觀測波峯帶（Crestlime）之方位 90° 即得波向，其無法自波浪儀得知，但可由海流流向得知。

C. 儀器觀測

(a)直接法

(1)水中音響測深儀之原理，使用超音波之反射作用，記錄水面與水底之垂距，由水面時間昇降得其波形。

(2)水面法：海中設置標誌（支柱、浮標、波高桿）由陸上使用儀器觀測其上下運動而記錄其尺寸，或使用測波儀自動記錄其波形。

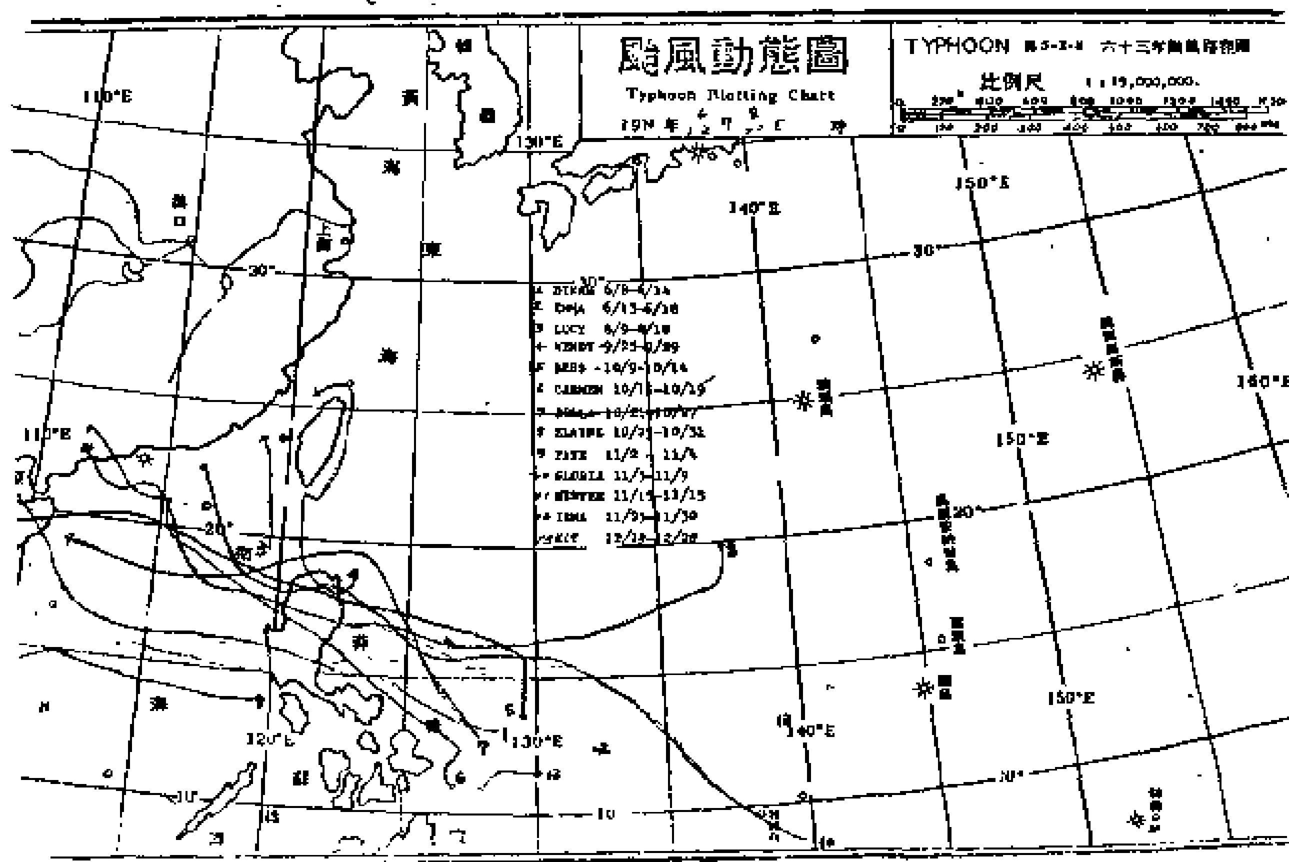
(b)間接法

(1)水壓式：設置測波儀於海底（或海中），測定水底（或水中壓力變化）然後換算爲水面波浪者，間接法在惡劣氣候亦容易觀測。

(2)加速度變化（浮力式）如Waverider 利用浮標在海面上因受風浪作用隨海水上下運動所產生之加速度換算爲波浪高低值。

(c)波浪預報種類及其優劣

(1) S.M.B.法（對季節風浪預報較準確）此法是由 Sverdrup, Munk 及 Bretschneider 三人所倡導演化而成。其方法係在某次觀測記錄中讀取數據，以各種平均値（如$H_{1/3}$，$H_{1/10}$，Hmax）表示海面變動情形，其分析的過程，並未考慮波高、週期出現之先後順序，祇視波高、週期爲一隨機變數（Random Variable）而非隨機過程（Random Process）故求波高的分佈狀況不太準確。S.M.B.法推算正在增大狀態的波浪狀況非常準確，但推算波浪衰弱的狀態誤差


颱風動態圖
Typhoon Plotting Chart
TYPHOON
六十三年
比例尺
110°E
120°E
130°E
140°E
150°E
160°E
30°
20°
10°
LUCY
上海
海口
黃
海
東
海

很大，一般而言 S.M.B.法適用於季節風之推算，其波高與風速之二次方成正比，與實測值較接近。

(2) P.N.J. 法一對湧浪預報較準確。

由 Pierson-Neunan-James 三氏所提倡使用，其利用波譜（Wave Spectrum）來代表海面波浪狀況，P.N.J. 法適用於波浪推進至吹風區域外而成爲湧浪（Swell）時較爲合理。由風速及吹風延時，

表1 蒲福風浪對照表

蒲福風級	名稱	高出地面十公尺之相當風速				海上約略波高	
		每秒公尺	每時浬	每時公里	每時英里	（公尺）	（英尺）
0	無風 Calm	0-0.2	< 1	< 1	< 1	—	—
1	軟風 Light air	0.3-1.5	1-3	1-5	1-3	0.1(0.1)	1/4(1/4)
2	輕風 Light breeze	1.6-3.3	4-6	6-11	4-7	0.2(0.3)	1/2(1)
3	微風 Gentle breeze	3.4-5.4	7-10	12-19	8-12	0.6(1)	2(3)
4	和風 Moderate breeze	5.5-7.9	11-16	20-28	13-18	1(1.5)	3-1/2(5)
5	清風 Fresh breeze	8.0-10.7	17-21	29-38	19-24	2(2.5)	6(8-1/2)
6	強風 Strong breeze	10.8-13.8	22-27	39-49	25-31	3(4)	9-1/2(13)
7	疾風 Near gale	13.9-17.1	28-33	50-61	32-38	4(5.5)	13-1/2(19)
8	大風 Gale	17.2-20.7	34-40	62-74	39-46	5.5(7.5)	18(25)
9	烈風 Strong gale	20.8-24.4	41-47	75-88	47-54	7(10)	23(32)
10	暴風 Storm	24.5-28.4	48-55	89-102	55-63	9(12.5)	29(41)
11	狂風 Violent storm	28.5-32.6	56-63	103-117	64-72	11.5(16)	37(52)
12	颶風 Hurricane	32.7-36.9	64-71	118-133	73-82	14(—)	45(—)
13		37.0-41.4	72-80	134-149	83-92		
14		41.5-46.1	81-89	150-166	93-103		
15		46.2-50.9	90-99	167-183	104-114		
16		51.0-56.0	100-108	184-201	115-125		
17		56.1-61.2	109-118	202-220	126-136		

吹送距離，先求波譜，再求波高，其週期及波高分佈狀況，即可以一目了然，且能明瞭波浪成熟及衰弱各時期之波浪情況。P.N.J.法亦可用於季節季風之波浪推算，然因其波浪能量與風速之五次方成正比，浪高與風速之 2.5 次方成正比，故推算值每大於實測值。

(3)Wilson Method— 預報深海波浪較準確

1955 年Wilson 根據S.M.B. 公式製成實用圖，利用圖解法及數值分析法推算颱風波浪，其對預報深海波浪較爲準確。而台灣海峽內因颱風所引起之波浪因受水深及地形影響，當使用Wilson方法預報波浪時，必須作若干修正。

(4) Darbyshire 法

此法介於S.M.B. 法及P.N.J. 法之間的推算法，其適用條件爲吹風距離（Fatch ）小於 100 海浬。

(5)蒲福風浪對照表，見表 5-1-2

幾級風能夠產生幾級波浪，此種對照表是利用統計方法將歷年代風速與風浪關係作一有系統之分析，此種方法所求之波高，常因地區特性差異而產生誤差，但在一般正常情況下尚吻合，然如有季節風或颱風發生時，預報值與觀測值出入較大。

三、海 流 (Ocean Current)

A 海流的分類

(a)吹送流（Wind Drift Current ）

海面上因風力之作用，則上層海水與空氣間因磨擦而產生一種應力，此應力即使海水流動，此種海流即爲吹送流，吹送流的方向在北半球則偏於風向之右側約 45°，南半球則偏於風向之左側約 45° 。

(b)密度流（Density Current ）（受熱不均勻，產生密度差異）

海水因受蒸發，受熱不均勻，海水結冰，融解，河水流入或陸上排水沉澱，或被攪動時密度分佈不均，造成海水壓發生差異而使海水發生流動。

(c)週期流（Periodic Current or Tidal Current ）

因潮位升降而發生流動，流速方向、大小隨時間改變，而成週期性規則變化。

(d)內波流（Internal Wave Current ）

流體內的某部份因特殊原因而發生密度變化，形成流體內部密度之不連續現象以致產生最大振幅之振盪謂之內波流。

(e)濁流（Tubidity Current ）

海面風暴，强烈地震，海底陸沉所引起之海水流動謂之濁流。

B. 觀測法：將漂流物自船頭拋下測出其至船尾所需時間，因船長已知，可大約估計其流速 $V=\frac{S}{T}$，S：船長，V＝流速，T＝時間

C. 儀器法：電磁感應式，人工式等。

D. 海流資料分析：是用電子計算機求其海流大小及週期變化，軌跡變化，平均海流大小及方向變化，潮流預報，波譜分析，誤差分析。

四、潮　汐

A. 一般而言潮汐在海岸邊較在廣大海洋爲高，潮汐包括天文潮及氣象潮，分析如下：

(a)天文潮（Astronomical Tide ）

普通潮汐受天體影響，一般常見一日二回潮，二次滿潮，二次乾潮，週期平均爲 12 時 25 分，發生滿潮或乾潮的時間，每日延遲 50 分，若以陰曆計算，每月同一日發生乾滿潮的時間大致相同，每日潮汐上午與下午的潮位及週期多少有變化，此種現象稱爲週日不等，在春分及秋分時，週日不等之現象最小，冬至及夏至最大。

(b)氣象潮（Atmospheric Tide ）

①Storm Tide (Wind Tide) 完全是由强烈之離岸或向岸風吹送而成，在靠近海岸之海水深度較淺，致使海岸附近之海平面高度發生大變化。

②Atmospheric Tide 正常之海平面氣壓能將水銀柱推至 76cm 高或 1013 毫巴，此大氣壓又相當於 10cm 左右之水柱高度，換言之一毫巴之壓力約相當於 1 cm水柱，在一般情況下，大部份高氣壓最多比

平常高 20 至 30 毫巴，其所造成海面升降不過二、三十 cm 如有强烈低壓或有颱風經過時，其所造成海平面升降現象，如颱風眼氣壓爲 950 毫巴，則海平面升降約 63 cm。

B. 潮汐觀測法

(a)目測法

水尺零點定在最低潮位以下，並以大地測量之一等水準基點作爲基準使零點高度與潮位可互換使用，在目測潮位高度，如有波浪時宜以高低海面之平均數爲準（即波峯與波谷）。

(b)儀器觀測法

①浮筒式自記驗潮儀：爲一隨時間而轉動之自記圓筒，另以一根繩繫一金屬浮筒經滑車齒輪與自記筆相連接。

②水壓式自記驗潮儀：係以海面升降與海底壓力發生改變爲設計基本原理。

③遙測潮波儀（Remote Wave and Tide Meter System）

能將波浪與潮汐所產生之水位升降加以分解，交指示其數値或記錄其瞬間數値。

C. 潮汐資料分析法

1 非調和分析法（Non-Harmonic Method）

潮汐是由月球、太陽及其他天體吸引而生，實際上海面降升是由各天體引力組合，故與波譜同樣，潮汐是各種週期不同、引力强度不同、位相不同之純三角函數曲綫之組合。

ρ（潮高）$= \sum HC_0 (\Delta t + \varphi) + A_0$

A_0 爲常數，爲測定潮位處所之水準綫高度。

2 調和分析法（Harmonic Method）

自天文航海曆中查出太陰中天時刻，然後在潮汐記錄中分別自太陰中天至發生高低潮之時刻加以平均得出平均高低潮間隙，再將太陰中天時刻加上高低潮間隙即得預測之高低潮時刻。

A. 能見度（Visibility）

乃係指空氣之水平透明度（Transparency）及明晰度（Clearness）以目力能及到最後一點目的物之距離爲標準。

B．霧

用肉眼不能辨察之小水滴，聚集並懸浮於近地面之空氣中，使水平能見度減至不足一公里者謂之霧。因受大氣環流及早晚溫度、水蒸氣飽和度影響，鑽井海域濃霧瀰漫，直接影響直升機起落，鑽井船拖移及補給船運補作業，必須對擬鑽井區域能見度有所了解，以利配合鑽井補給作業進行。

五、溫　度 Temperature

溫度係受冷暖性高壓鋒面影響而有高低。在台灣海域大氣溫度終年變化在 5 °C - 35°C 間，海水溫度變化在 10 °C - 30 °C 間，海水不致結冰，氣溫適中，有利鑽井作業。

六、降雨量

夏季降雨較多，如遇颱風來臨帶來大量雨水，瞬時傾盆大雨，或在迎風面，暖濕空氣被迫上升，遇冷則降為雨。

七、海底土質 (Bottom Soil)

事先對鑽井地區底土表層性質，如泥、沙、礫石、鵝卵石，予以調查，以利錨碇作業，順利進行。

八、船體運動

漂浮式設備受風浪吹襲後船體產生之搖幌，稱為船體運動，其運動如圖：船舶搖幌程度可以 Respsone Amplitude Operator Curver (R.A.O.) 表示

$$RAO_{heave} = \frac{Heave}{Wave\ Height} \text{及} RAO_{roh} = \frac{Roll}{\frac{2}{T}h}$$

船體產生上下運動(Heave)與船體型式、噸位大小、波浪週期及波高有關,一般而言,在Response Amplitude Operator Wave Percods圖中RAO_H值在0.5以下,情況較好,如果RAO_H值逐漸增加,則船體運動劇烈。鑽井設備不論是浮船式或半浮沉式,當其噸位增加,穩定性亦增加,Heave減少,穩定性亦增加。

九、鑽井船型式選擇及鑽井作業時間損失分析

鑽井船型式選擇詳見鑽採工程13輯江東益等著,可移式海域鑽井設備型式及其選用方法介紹。

損失時間分析Analysis of Down Time

鑽井作業中以起下鑽及鑽進所佔時間較多(約佔57%)起落運動(Heave)安全限度以7呎為標準,超過7呎時則作業感到困難,勢必要停鑽,因此損失作業時間。

茲將一般作業時間結構及各項Heave安全限度列下:

作業項目	作業時間%	起落運動安全限度
起下鑽及鑽進	57	7
測井及水泥工程	21	5
套管工程	7	5
防噴器及昇管作業	15	2.7

A. Down Time 之求法

(a)先求出Floater 或Semi-Submersible之各種噸位下之RAO_H與Wave Period關係圖。

(b)自Average Yearly % Significant Wave Period and Heave Table找出配合(1)。

(c)決定安全限度高度(Heave 高度)

(d)指定某種型式、大小噸位、波浪週期及RAO_H值,反求Heave值,將Heave值大於7ft劃出,即為Down Time所佔百分比。

B. 一般而言Floater 的Downtime比Semi-Submersible大, 18,000 LT Semi-Submersible Gross Downtime為9.13%,而18,000

LT Floater 其Gross Downtime 爲 28.7%(在台灣附近海域而言)。

十、建議

鑽井時間及鑽井地區之選擇

根據台灣海峽及東海區域海域氣象統計資料與近一年來在該海域各個地區鑽井之經驗，每年三月至九月間爲夏季季風，海面除颱風來臨時海況惡劣外，一般情況海面較平靜，此時有利鑽井作業進行，而冬季來臨，北方高壓南下，據62年及63年颱風記錄指出，颱風發生月份，由以往八月九月轉爲十月十一月兩者效果合併，更加風速之吹襲，風速加大，海面風浪增高達50呎，同時波浪高低，除與風速有關外，又與海水深度及吹風區域有關，故建議台灣海峽實施鑽井作業，夏季可擇在台灣海峽水較深及距岸較遠處，而冬天時宜在離岸近，水深較淺處，然無論如何，一旦有颱風發生，擬侵襲鑽井地區，應早作防颱措施。防颱措施程序如表一。

配合鑽井作業新式作業設備介紹

A. 鑽井船安全儀器系統Offshore Rig Instrument System見圖5-2-11
海域鑽井設備，日新月異，在安全上精益求精，目前國外已發展一種新式海域鑽機儀器系統Offshore Rig Instrument System具有各種測試儀器及作業模式在危險來臨前，預先提出警告並告知應採取何種安全措施。

B. 鑽井船動力固定位置系統Dynamic Positioning System見圖5-2-12
鑽井船在深水地區作業，錨碇不易。如能備有動力定位系統，則可在任何水深，且不須錨鏈固定，亦可保持船舶在固定位置。鑽井船到達井位，卽可立刻下鑽，不僅不需補給船支援，又可節省下錨所化費時間，此系統對於在水深超過200公尺海況惡劣海域作業，收效尤宏。

C. 緊急錨鏈鬆放裝置Release Anchor Chain System 見圖5-2-13
鑽井船在海上作業，一旦有颱風侵襲可能，如緊急逃生需要必由補給船作鬆放錨鏈工作時，此時如無充裕時間進行，海況又很惡劣情況下

，不僅補給船操作上項工作感到困難，且耗時甚多，耽誤逃生機會，造成人員器材損失。Release Anchor Chain System 是一種新型設備，在錨和鏈連接處裝置一自動鬆放設備，而由鑽井船上控制中心，給予信號，則自動鬆放，錨與鏈分離，鑽井船則可開始拖曳或駛往安全區域。

伍德和四號鑽井船防颱措施及時間分析表

假定資料：補給船兩艘

遭遇颱風時井深 3,000 公尺，鑽頭在井底

井位水深 150 公尺

茲分為撤離及復原二部份分析其作業時間如下：

一、撤離：本項時間分析之總計時間係指自鑽井船接獲撤離命令（或鑽井船自行決定撤離）之時刻起算，至開始拖航之時刻止。

	工 作 內 容	所需時間
1.	POOH & Hang Off	8 Hr.
2.	Displace Mud in Riser	1 Hr.
3.	Pull Choke & Kill Line, Lay Down Same	2 Hr.
4.	Pull Riser	5 Hr.
5.	Pull Blue & Yellow Pods	4 Hr.
6.	Lay Down Dp & DC on Pipe rack & Tip up	2 Hr.
7.	Tie up Loose Equipment on Deck 以上係Drilling Crew 之工作時間 = 24 Hr.	2 Hr.
8.	Pull Anchors & Connect Tow Line-Release Anchor Line from Chain, Stay all Anchor Lines and # 5 Anchor to Drilling Rig (Only one boat handle anchor)	12 Hr.

撤離時間合計 36 Hr.

二、復原：本項時間分析之總時間係自鑽井船駛（拖）返井位開始下錨之時刻起算，至一切就緒準備開始正常操作為止。

	工 作 內 容	所需時間
1.	Setting Anchor	12 Hr.
2.	Adjusiting Rig Location	4 Hr.
3.	Retrieve Guide Line & Tensioner	24 Hr.
4.	Run Bop Control Pod	12 Hr.
5.	Run Riser & Nipple up Slip Joint, Bell Nipple, Elow Line Etc.	8 Hr.
6.	Run Choke & Kill Line	4 Hr.
7.	Displace Sea Water in Riser With Mud	2 Hr.
8.	Pull Hang-off String, Lay Down Hang-off Tool	2 Hr.
9.	Test Bop & Choke, Kill Line	2 Hr.

復原時間合計 70 小時

撤離　36 小時
復原　70 小時　合計 106 小時（4 天又 1 小時）

置一自動鬆放設備，而由鑽井船上控制中心給予信號，則自動鬆放，錨與鏈分離，鑽井船則可開始拖曳或駛往安全區域。

D. 鑽井船尋找及返回井位系統 Re-Entry and Wellhead Pinger System 圖 5

鑽井船在鑽井期間，如受氣候影響，需暫時離開井位，駛往安全地區，當欲再度返回井位時，需利用井口上之噴音器以一定頻率定時發出一定音響，利用鑽井船上一接收裝置，可指出測試船到井位噴音器方向及距離，鑽井船則可順利到達井位，開始下鑽，節省時間，然事實上因 Pinger System 係電子裝置在海水中操作時有操作不靈或迷失井位，故新式設計有一種類似浮標深藏於海中，聯接至井口，當給予信號時，浮標自動浮上，可指引鑽井船到達井位。

台灣的海底煤田

吳仲傑

一、煤田位置與交通

台灣的海底煤田，位於台北縣、基隆市的沿海地區，東起南雅里，西至富貴角，海岸線全長約40公里。煤田區域內，基隆以西，以北海一週的公路為主要的運輸幹道。基隆以東，有瑞濱鐵路及基濱公路，交通甚為便利。

二、煤層及地質構造

北部海底煤田，係濱海區域各煤帶由內陸深部向東北延伸入海所形成，自金山起至南雅里止，共計有八煤帶向海底發展。

㈠金山煤帶：位於金山南方，煤層屬下部含煤系，本煤帶有上、本兩可採煤層，上層煤厚 30 — 40 公分較為穩定，本層煤厚 30 — 60 公分，煤層變化頗大。煤帶西端為火成岩貫入或覆蓋，煤層深受干擾，但進入海底後已趨安定。

㈡崁脚煤帶：位於萬里瑪鍊溪以西，煤層屬中部含煤系。有中、本兩層可採，中層煤厚 30 — 40 公分。本層煤厚80— 100 公分。煤層進入海底後，為崁脚斷層所截。

㈢木山煤帶：位於基隆市外山木以東，煤層屬下部含煤系，本煤帶有上、本、下三層煤可採，上層煤厚 25 — 40 公分，本層煤厚 50 — 80 公分，下層煤厚 25 — 30 公分。其本、下兩層煤膨縮性較大。在濱海地區有若干小橫斷層存在，對進入海底的煤帶影響殊大。

㈣深澳坑煤帶：位於八斗子及番子澳之間，煤層屬中部含煤系，本層煤厚 80 — 100 公分，為台灣煤系中最佳的煤層，亦為最重要的海底煤田之一。本煤帶向海底的發展，當視深澳坑斷層進入海底後的方向所決定。

(五)四脚亭向斜西北翼煤帶：位於深澳坑斷層及瑞芳斷層之間，煤層屬中部含煤系，本層煤厚 80 — 100 公分，中層煤厚 40 公分，本煤帶向海底的發展，與向海底延伸的深澳坑斷層有極重要的關係。

(六)四脚亭向斜東南翼煤帶：位於瑞芳以東煤層屬中部含煤系，深部煤層在焿子寮進入海底，本層煤已變薄爲 50 — 70 公分，但仍爲主要的海底煤田之一。

(七)金瓜石煤帶：位於金瓜石，煤層屬中部含煤系，本層煤厚約50公分，本煤帶在陸地受基隆山火山群侵入干擾。進入海底後的煤層亦受斷層構造的影響。

(八)南雅里煤帶：位於北部海底煤田的最東端，亦是唯一的上部含煤系，本層煤 30 — 50 公分，但變化頗多，在陸地上開採的不多，煤帶進入海底後的情況尚難明瞭。

三、探勘及開發

北部海底煤田，早於民國五十年以前，已有瑪鍊、建基、瑞芳、民德、永久等五礦已進入淺海海底作業。惟各礦對海底地形及有關地質資料，均付缺如。海底煤田的開發，必須事前對地質構造，加以詳細研究，然後厘訂工程計劃，其重要性實較陸地深部作業爲甚。但此項工作極爲艱鉅，實非一般煤礦所能勝任。前經濟部礦業研究服務組有鑑於此，研擬海底煤田調查工作計劃，請准美援相對基金贈款支助，自五十年開始逐步實施。

(一)北部沿海區陸上地質調查：本計劃由何春蓀先生主持，於五十年八月至五十一年十一月完成金山—南雅里沿海陸上地形測量及地質調查，面積約 200 平方公里。五十四年完成金山—石門間沿海陸上地形測量及地質調查，面積約100 平方公里。

(二)近海海底地形測量：本計劃請海軍海道測量局負責，於五十一年四月至五十一年九月，自金山起至富貴角止，自海岸線向外延伸 3 公里，面積約 200 平方公里，測繪完成製作一萬分之一海底地形圖。

(三)海底煤礦初勘：五十二年初邀請日籍煤礦及地質專家，池部龍生、上島宏、齊藤貞一等三人來台，對當時正在海底作業的煤礦作六個月的調查

研究。

㈣海底煤田地質調查：五十四年三月至八月邀請日籍專家上島宏、森喜義、小谷良隆、向井清人及駒井二郎等五人來台，進行海底煤田地球物理探勘，東起鼻頭西至富貴角，離海岸約五公里，面積225平方公里的海域。根據水中閃電音波探勘、磁力探勘及陸上地質調查的資料研判，製成海底地質構造圖。

㈤煤礦坑道探勘工程：

1. 前經濟部煤礦探勘處運用美援贈款於四十四年十一月協助工礦公司民德礦場探勘四脚亭向斜東南翼煤帶，於四十八年十一月探見本層煤厚70公分。
2. 前礦業研究服務組運用中美基金贈款，於五十二年協助永久煤礦探勘金瓜石煤帶。於五十四年元月探見本層厚50公分。該礦繼續開發工程後遭遇斷層於五十九年元月收坑。
3. 前經濟部礦業研究服務組運用中美基金贈款於五十二年七月協助建基煤礦開拓海底大斜坑探勘深澳坑煤帶。五十四年六月探見本層煤80公分。
4. 前經濟部礦業研究服務組運用中美基金贈款於五十二年三月協助瑪鍊煤礦在坑內探勘嵌脚煤帶，根據資料顯示，坑內卽將遭遇嵌脚斷層，立卽停止探勘工作，該礦於五十六年六月收坑。
5. 前經濟部礦業研究服務組運用中美基金贈款於五十三年十月，協助金德豐煤礦探勘金山煤帶，五十四年三月探見上層煤厚40公分。
6. 木山煤礦於四十六年六月申請美援貸款，成立協和坑，探勘開發木山煤帶海底煤層，該坑進入海底後遭遇若干小斷層，出水量甚大，於六十一年七月收坑。

四、結論及建議

㈠海底煤田的探勘，前經濟部煤礦探勘處及礦業研究服務組運用美援及中美基金贈款，已做了不少的工作。在海底地質調查計劃完成後，本應實施海上鑽探，進一步瞭解海底地質構造，始可擬訂開發計劃，惟當時限

於國內尚無海上鑽探設備，如請國外公司來台施工，需要經費甚巨，美援經費有限，而各礦亦乏能力負擔，因此未竟全功。今後最主要的兩個海底煤區，深澳坑煤帶及四脚亭向斜東南翼煤帶的開發，建基及大福兩礦尚需愼予規劃。

㈡台煤仍爲國內自產能源的主力之一，海底煤田的開發，對台煤增產居有很重要的地位，但是開發海底煤田實較陸上深部煤層更爲艱辛，希望有關當局仍本以往輔導的精神，繼續協助業者作合理的開發。

㈢現有的海底煤礦，今後開採將會招致坑內溫度的問題，希望各礦對通風系統事先要妥予設計。

淺海重砂探勘

趙　清

一、概　　說

為能瞭解重砂來源及是否尚有更多的藏量，曾調查沿海之淺海區域選擇永安沿海、王爺港洲及青山港洲沿海為試探區域，於民國六十三年五月起籌備探勘工作，於六月中旬開始採樣，工作至八月底結束計採樣 900 包，攜回鑑定分析，至六十四年六月完成。

此次為初步試探工作，因受季風影響，時間較短，所調查的區域較小，然由結果得知淺海區域亦含有重砂礦物，值得將來進一步的詳細探勘，工作人員由此次嘗試亦獲不少經驗，也是一項收獲。

二、工作地區簡介

此次選定永安地區，因該處距本單位較近而交通方便，支援野外作業容易，故選定為初步試探區域；至於王爺港洲及青山港洲，則為以前本單位探勘結果知含獨居石量較高，亦選為試探區域。

永安在桃園縣的新屋鄉，原名崁頭厝，距本單位約五十公里，行車經中壢沿 114 號公路約一小時可達，為一小型漁港，碼頭可停泊漁船舢板，唯其漲落潮差兩公尺多，低潮時碼頭水道乾涸，船隻無法進出，為其缺點。過去在海灘沙丘的探勘工作約兩平方公里，以南北間隔 200 公尺，沿東西向劃測線，在此測線上間隔 20 至 50 公尺取樣，此次工作即沿舊測線向外海延伸至海深約 10 公尺左右的範圍取樣，然因碼頭北岸沿海多礁石區，無法取樣，故在南岸區向南延至蚵殼港附近

王爺港洲及青山港洲，在台南縣將軍鄉沿海，為八掌溪與曾文溪兩溪口間一串砂洲的兩環，由學甲鎮沿 174 號公路經將軍約 12 公里可至馬沙溝漁港，該港水道較深，船進出不受潮水限制，由漁港乘機動筏約 20 分鐘可至青

山港洲北端；約三十分鐘可至王爺港洲南端。王爺港洲全長約五公里，平均寬約180公尺左右。青山港洲約七公里長，平均寬300公尺。兩洲上皆種植有木麻黃防風林。以前探勘時在砂洲上取200或400公尺間隔作東西向取樣線，每隔40 公尺取一樣品。目前王爺港洲與北門間內海被漁民闢爲種蚵場，青山港與青鯤鯓間已開闢成鹽田，故兩內海皆無法通行較大船隻，此次工作卽由兩洲東岸舊測線每間隔400公尺沿東西向向外海延伸，亦至10 公尺海深處。

三、探勘設備及儀器

1. 採樣器：

採取砂樣的器具是由九連號海洋探勘船借來，經金工間仿造而成。採樣器主要由兩個39公分45° 夾角半徑10公分的扇形筒連合成封閉的半圓長筒。此採樣儀器僅能取海底15 公分深左右的砂層，每次取砂約2～3公斤，如遇礁石則無法取樣。

2. 測深器：

約兩公斤重鋼錘，其底部車一圓槽，塗抹黃油，粘取海底樣品，上端連接尼龍繩，每50公分做記號，量測取樣點深度。

3. 機動筏：

因採樣工作人員多，所需工作面大，漁船、舢板不適合，故向當地漁民，承租大型機動塑膠筏，用兩根杉木交叉斜立於尾端爲取樣器支架，交叉處以固定滑車，用粗瓊麻繩連接取樣器。

4. 放射性偵測儀：

因重砂中有放射性礦物，故使用放射性偵測海底可幫助瞭解重砂分佈情形，使用儀器爲日本Aloka TCS-121 C 型偵測儀，其偵測管(Delector)密封防水換裝15 公尺長接線，可沉入海底量測。

5. 望眼鏡：

輔助保持航向用。

6. 標旗：

在砂灘或沙洲上，每一測線伸直兩面大標旗作爲航行的目標。

7. 測量儀器：

劃定測線用。

8. 浮標：

以黃色氣球，吹脹後用塑膠帶縛石塊，每數個取樣點沉入作航向及測距用。

9. 挖砂鏟：

裝砂樣用。

10. 塑膠袋、奇異筆、橡皮筋，等：

裝砂樣及記錄用。

四、採樣

採樣工作，分岸上及海上兩組作業，岸上作業兩人主要任務爲劃定測線，設置標旗，及採取砂灘或沙洲樣品。

海上作業共六人，一人駕駛機動筏，一人保持航向，選定取樣點並作記錄，三人操作取樣器及裝樣品，另一人測海深及放射性測勘。

由於靠岸處浪湧較大，機動筏不易操作，故取樣從離岸約150公尺開始（視海深而定），按測線前進取樣，通常取樣及測深完成，約需5～10分鐘。永安區試探時，每隔200公尺劃東西向測線；在測線上開始時先每隔20公尺取一點至200公尺後，每隔50公尺取一點至500公尺爲止，超過500公尺遠時則每隔100公尺取一次樣。由於海浪的影響極易使機動筏飄動，故在青山港及王爺港洲採樣時，在每一測線開始間隔50公尺取一樣品，至500公尺以上時隔100公尺取樣。

每次採取的樣品1.5公斤裝塑膠袋，編號以ＹＮ代表永安北區、ＹＳ爲永安南區、ＷＮ爲王爺港北區、ＷＳ爲王爺港南區、青山港北區ＣＮ、南區爲ＣＳ，每區號後附阿拉伯數字測線號碼，然後再附採樣點號碼，如ＹＮ４—５，爲永安北區第四號測線第五點。王爺港及青山港兩地採樣以離岸距離爲採樣點代號如ＷＳ 10—4.5 爲王爺港區第十測線離岸450公尺的採樣點。

如遇礁石區，則先在附近採取樣品，如果同樣無法採得時，則在下一點繼續

探樣。

永安南區在YS 10 以南沙灘，過去並未探查過，此次工作順便以螺旋鑽桿取樣。

五、分析鑑定方法

砂樣每三十包裝成一大包後運回本單位，按下列步驟處理：

1.清洗：

將砂樣用水清洗泥份及鹽份後烘乾裝袋，清洗時並記錄含泥份及貝貝殼情形。

2.篩分：

為明瞭淺海砂粒分佈情形，每一地區抽樣取 200 克做篩分，以瞭解粒度分佈情形。

3.品位鑑定：

每砂樣取 20 克，用重液(Bromform)分離出重礦物，以瞭解所含重砂品位。

4.礦物鑑定：

將分離所得重礦物，以偏光顯微鏡鑑定重砂所含之各礦物及顆粒百分比

六、結果及討論

1.顆粒分析：

每地區選定北部、中部及南部三條測線，將每取樣點之原砂以分樣器等分均勻後，各取 200g，用泰勒(Tyler's) 標準篩，經定時十分鐘自動搖篩後，稱其各篩目之重，所使用篩目分為 42目、60目、80 目、150目、200 目、及－ 200目等七種。以各篩目之重量計算百分比及累積百分比，並加以繪製累積分佈曲線。供推斷粒度分佈情況。

(A)永安地區：

本地區之篩析以YN－4 測線為例，其篩析結果詳見表一。而原砂顆粒累積曲線。本區原砂顆粒分佈範圍，大多集中在60 目及 80

目之間，由表中可知，大於 80 目者高達 90 %以上。但離陸地 400 公尺以上，如 YN 4—14 及 YN4— 15 二點觀之，則大於 60 目者，只佔 5 %左右，而 100 目及 150 目者約佔 50 %。

(B)王爺港地區：

本地區之篩析以 WN— 26 測線為例，其篩析結果詳見表二。本地區原砂顆粒分佈範圍集中在 100 目及 150 目之間，在 200 公尺以內，大於 80 目者約佔 40 %，而 200 公尺以外者，僅佔 5 %左右，同時 80 目及 150 目者佔 80 %以上。

(C)青山港地區：

本地區之篩析以 CS—12 測線為例，其篩析結果詳見表 V—3，本區原砂顆粒分佈範圍，集中於 80 目、100 目及 150 目。大於 60 目者，僅佔 5 %，而小於 200 目者約佔 10 %，但原砂離陸地在 400 公尺以上者，略含泥份並有少許貝殼。

2.重砂品位：

各地區之原砂，經重液分離，測定其重砂品位（參見附表），為求其重砂品位平均值之合理及可靠性，乃以統計分析的方法，計算各地區之平均值。所應用的公式如下：

平均值

$$\overline{X}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k} f_i x_i$$

標準差

$$6=\left[\frac{\sum_{i=1}^{k} f_i x_i^2-\left(\sum_{i=1}^{n} f_i x_i\right)^2/n}{n-1}\right]^{1/2}$$

標準誤差

$$S=\frac{6}{\sqrt{n}}$$

永安地區重砂品位詳見附表一，本區共取得原砂 315 個，經統計結果其平均值為 1.37 %（詳見表V— 4），重砂之分佈不太規則，品位在 0.5

%者佔 80 %以上。一般在等海深線彎曲處則重砂較爲富集，同時於河口附近其品位亦顯示較高，諸如YS 4、YS 6及YS 8等測線重砂較富集。

王爺港地區重砂品位詳見附表二，原砂樣品共取223個，經統計，其重砂品位平均值爲 0.42 %(詳見表V—5)，重砂之分佈不甚規則，品位在0.5 %以上者佔 30 %左右，重砂富集在等海深線彎曲處(如WS 2 測線)。

青山港地區重砂品位詳見附表V—3，本區原砂樣共取有 309 個，經統計結果，其重砂品位平均值 0.57 %(詳見V—6)重砂分佈亦較不規則，品位在0.5 %以上者佔 45 %左右。通常在等海深線彎曲處其重砂品位皆較高。

3.礦物組成：

以重液分離所得重砂經烘乾均勻取樣後，置於 20 %濃度之鹽酸(HCl)中加熱約 10 分鐘，使礦物表面之包被物除去。使呈現原來面目，以便鑑定礦物組成。將重砂樣品封在洋杉油(Cedar oil)之薄片中，以偏光顯微鏡鑑定之。所得各樣品之礦物組成詳見附表。至於各地區之鑑定結果，經統計歸納所得平均值詳見表七。

永安地區含鐵礦物較多，高達 61.44 %其中磁鐵礦佔 15 %、鈦鐵礦約佔33 %、及褐鐵礦約佔 13 %。因重砂砂樣份量太少。無法將磁鐵礦及鈦鐵一一吸出，此數據乃由重砂份量較多之砂樣所鑑定結果，故在表中未便列出。本區鋯英石含量爲 7.55 %、柘榴子石 6.56 %及白榍石 6.30 %等，其含量不差，甚具重要性，另外黃色獨居石佔 0.33 %其含量與陸地相比，毫不遜色，至於黑色獨居石並未發現。

王爺港區含鐵礦物佔 59.22 %，其中磁鐵礦約佔4 %、鈦鐵礦 36 %及褐鐵礦 10 %。鋯英石含量爲 9.37 %、白榍石爲 7.53 %，甚有價值，富有開採的潛力，另外黃色獨居石佔 0.54 %及黑色獨居石 6.55%，含量亦豐。

青山港地區含鐵礦物佔 30.00 %，其中磁鐵礦約佔3.5 %、鈦鐵礦爲 21 %及褐鐵礦 5.5 %、鋯英石佔 17.91 %及白榍石佔10.86 %，含量甚高，頗具價值，對重砂開發利用助益不少。至於黃色獨居石佔 0.71 %及黑色獨居石爲 14.04 %爲三地區中成份最高者，值得重視。

七、結論及建議

1. 本省之重砂礦床，經前後多次調查，每次估計藏量都略有不同，先前估約計在 20 萬噸左右，然經本單位調查各主要地區（永安、王爺港、青山港、外傘頂洲及統仙洲等地區）所得藏量為 55 萬噸。如能更進一步擴大調查範圍，延伸至外海及內陸砂丘。則相信藏量，當可增加，此次探勘淺海重砂，因受季風影響，工作時間較短。探勘範圍較小，並只用挖砂斗，採取海底表面原砂，主要在於探討淺海之是否存有重砂礦物及其含量多寡，而無法估計藏量。
2. 本次探勘採用人力操作，取樣至海深 10 公尺，已感相當困難，如能應用機械方法取樣，將可獲良好效果，今後欲詳細探勘時採用鑽機（如 vibrodriller ）取樣，鑽取較深樣品，而每隔 200 公尺定一測線，每距 50 公尺間隔取樣，並擴大至海深 20 公尺左右，即可得更詳細之資料。
3. 此次淺海重砂探勘，已確定永安、王爺港及青山港等地區存有重砂礦物，其份量相當不錯，至於重砂品位，因採樣僅為海底表面，易受海水流動影響分佈不太均勻，而平均品位亦不甚高，然值進一步詳細的探勘，並作藏量之估計，則將對本省重砂開採很有助益。

八、附　　誌

本文發表后，曾與成功大學廖學誠博士討論淺海重砂情況，據他在青山港工作經驗，砂洲上之重砂在大風浪及颱風之后，均有重新富集現象，而且所帶上來的重砂量頗為可觀，足證淺海底部是一供應重砂之源泉，而這當然也是由于上游風化冲刷下來的重砂，未在砂灘或砂洲完全沉積下來的原故。

表 V—1　　永安地區原砂篩析結果

樣品編號	42 目	60 目	80 目	100 目	150 目	200 目	—200 目
YN4-1	28.02	38.68	27.72	48.09	1.00	0.20	0.20
YN4-2	7.08	35.51	48.48	7.23	1.45	0.15	0.10
YN4-3	12.87	45.24	36.26	4.64	0.75	0.10	0.15
YN4-4	7.10	31.85	50.25	8.00	2.05	0.40	0.15
YN4-5	34.28	40.83	21.54	2.65	0.40	0.15	0.15
YN4-7	28.00	39.10	27.10	3.85	1.40	0.35	0.20
YN4-8	6.25	33.80	49.40	7.85	1.90	0.50	0.30
YN4-9	23.35	43.60	26.90	3.80	1.35	0.35	0.20
YN4-10	15.05	44.10	34.20	4.80	1.35	0.25	0.25
YN4-11	21.10	42.20	30.70	4.80	0.75	0.25	0.20
YN4-12	88.40	35.35	47.40	7.20	1.30	0.15	0.20
YN4-13	10.49	37.38	43.23	6.75	1.60	0.40	0.15
YN4-14	0.85	3.00	32.25	36.85	20.30	5.95	0.80
YN4-15	0.65	4.85	40.75	32.85	32.85	4.25	1.00

表Ｖ－２　　王爺港地區原砂篩析結果

樣品編號	42 目	60 目	80 目	100目	150目	200目	－200目
WN26-1	0.10	2.45	33.70	39.90	20.30	2.80	0.75
WN26-1.5	2.70	12.55	32.65	32.20	16.55	3.10	0.35
WN26-2	0.20	0.65	5.15	40.20	42.70	10.25	0.25
WN26-2.5	0.15	1.15	7.90	42.35	38.10	9.25	1.60
WN26-3	0.15	0.45	1.75	15.60	59.95	35.70	2.15
WN26-3.5	0.45	0.95	3.65	27.75	51.80	12.55	2.85
WN26-4	0.75	2.35	7.50	35.75	38.30	12.05	3.30
WN26-4.5	0.30	0.70	2.35	24.90	47.55	13.45	2.75
WN26-5	0.20	0.30	1.10	22.05	56.75	16.30	3.25
WN26-6.	0.15	0.45	1.90	33.15	48.70	11.80	3.85
WN26-7	0.45	0.35	1.70	29.65	51.85	12.65	3.35
WN26-8	0.15	0.25	1.50	24.35	58.90	12.35	3.00
WN26-9	1.05	0.95	13.30	40.30	32.10	5.5	2.00
WN26-10	0.15	0.15	1.10	23.10	54.40	10.45	4.40
WN26-11	0.15	0.25	1.40	21.30	59.45	14.95	2.35
WN26-12	0.50	0.50	2.50	19.40	56.60	15.60	4.90
WN26-13	0.25	0.65	2.75	27.60	52.65	12.90	2.60

表V—3　青山港地區原砂篩析結果

樣品編號	42 目	60 目	80 目	100目	150目	200目	—200目
CS12-0.5	0.15	0.95	44.80	34.50	13.65	4.30	1.60
CS12-2	1.05	9.85	41.70	26.00	18.00	2.35	0.50
CS12-2.5	0.30	1.55	9.00	46.35	34.55	7.00	1.20
CS12-3	0.20	1.80	8.15	34.65	45.35	2.85	1.60
CS12-3.5	0.45	3.25	14.35	36.40	36.05	7.30	2.00
CS12-4	0.36	2.63	11.30	21.89	44.04	14.21	5.60
CS12-5	0.30	3.55	18.20	28.55	36.50	8.90	4.30
CS12-5.5	0.25	3.25	13.15	20.60	42.25	14.15	6.10
CS12-6	0.40	4.85	21.10	22.05	38.60	9.25	3.65
CS12-7	0.40	3.90	15.45	17.05	39.85	15.55	7.75
CS12-8	0.30	3.15	13.65	18.70	40.80	16.00	7.40
CS12-9	0.30	3.00	12.20	16.30	45.90	15.50	6.90
CS12-10	0.50	3.10	11.30	13.45	43.40	16.20	7.05
CS12-11	0.55	4.60	17.40	20.65	37.45	14.60	4.75
CS12-12	0.50	3.75	13.05	17.50	40.00	17.70	6.90
CS12-13	0.65	3.80	12.70	16.65	43.85	16.05	6.30
CS12-14	0.60	4.00	13.15	20.60	40.20	15.60	5.85
CS12-15	0.61	4.92	14.99	18.46	42.30	13.74	4.90
CS12-16	0.75	5.95	20.40	19.10	36.35	13.00	4.45
CS12-17	1.80	8.10	20.55	25.30	31.75	9.30	3.20
CS12-18	0.60	4.20	12.65	17.00	44.45	16.05	5.05

表V—4　永安地區重砂品位平均值統計分析

(1)重砂品位最低值 0.07

(2)重砂品位最高值 9.50

(3) 0.977 − (− 1.155) = 2.132 ……絕對值

(4)級距 2.132 ÷ 15 = 0.142

log	Grade %	Mid point X_i	frequency f_i	f_i X_i	X_i^2	f_i X_i^2	頻率 %	累積頻率 %
−1.155	0.070 >	0.084	2	0.167	0.0071	0.0142	0.64	100.00
−1.013	0.097 >	0.116	2	0.232	0.0136	0.0272	0.64	99.36
−0.871	0.135 >	0.161	3	0.483	0.0259	0.0777	0.95	98.72
−0.729	0.187 >	0.229	26	5.954	0.0524	1.3624	8.25	97.77
−0.557	0.271 >	0.328	18	5.904	0.1079	1.9422	5.71	89.52
−0.415	0.385 >	0.459	60	27.540	0.2107	12.6420	19.05	83.81
−0.273	0.533 >	0.636	49	31.164	0.4051	19.8499	15.56	64.76
−0.137	0.741 >	0.883	53	46.799	0.7797	41.3241	16.83	49.20
+0.011	1.026 >	1.224	24	29.376	1.4994	35.9856	7.62	32.37
+0.153	1.422 >	1.697	23	39.031	2.8798	66.2354	7.30	24.75
+0.295	1.972 >	2.353	19	44.707	5.5366	50.1954	6.03	17.45
+0.437	2.735 >	3.264	9	29.376	10.6635	95.9715	2.86	11.42
+0.579	3.793 >	4.526	10	44.260	20.4892	204.8920	3.17	8.56
+0.727	5.260 >	6.277	9	56.493	39.2752	353.4822	2.86	5.39
+0.863	7.295 >	8.705	18	69.640	75.7770	606.2160	2.53	2.53
+1.005	10.116 >							
			315	431.126		1545.2178		

平均值 = 1.369 %　標準差 = 1.752 %　標準誤差 = 0.099 %

在 68 %機率範圍內重礦物平均值爲 1.369 ± 0.099 %

在 95 %機率範圍內重礦物平均值爲 1.369 ± 0.198 %

表 V — 5　　王蘇港地區重砂品位平均值統計分析

(1)重砂品位最低值 0.04　　　　log 0.04 = − 1.398

(2)重砂品位最高值 4.14　　　　log 0.14 = 0.617

(3)絕對值　0.617 − (− 1.398) = 2.015

(4)級距　　2 015 ÷ 15 = 0.134

log	Grade %	Mid point X_i	frequency f_i	$f_i\ X_i$	X_i^2	$f_i\ X_i^2$	頻率 %	累積頻率 %
−1.398	0.040 >	0.048	5	0.238	0.0023	0.0115	2.24	100.00
−1.264	0.055 >	0.065	10	0.645	0.0042	0.0423	4.48	97.76
−1.130	0.074 >	0.088	24	2.100	0.0077	0.1858	10.76	93.28
−0.096	0.101 >	0.119	22	2.618	0.0142	0.3115	9.86	82.52
−0.862	0.137 >	0.162	22	3.564	0.0262	0.5774	9.86	72.66
−0.728	0.187 >	0.206	26	5.356	0.0424	1.1033	11.66	62.80
−0.594	0.255 >	0.301	21	6.321	0.0906	1.9026	9.42	51.14
−0.460	0.347 >	0.410	29	11.876	0.1681	4:8749	13.01	41.72
−0.326	0.472 >	0.558	29	16.168	0.3114	9.0296	13.01	28.71
−0.192	0.643 >	0.759	12	9.108	0.5761	6.9129	5.38	15.70
−0.058	0.875 >	1.033	12	12.396	1.0671	12.8051	5.38	10.32
+0.076	1.191 >	1.407	5	7.033	1.9796	9.8982	2.24	4.94
+0.210	1.622 >	1.915	3	5.745	3.6672	11.0017	1.35	2.70
+0.344	2.208 >	2.607	2	5.214	6.7964	13.5928	0.90	1.35
+0.478	3.006 >	3.550	0	0	0	0	0	0.45
+0.612	4.093 >	4.833	1	4.833	23.3578	23.3578	0.45	0.45
+0.746	5.572							
			223	93.215		95.6074		

平均值 = 0.418 %

標準差 = 0.505 %

標準誤差 = 0.033 %

在 68 % 機率範圍內重礦物平均值爲 0.418 — 0.033 %

在 95 % 機率範圍內重礦物平均值爲 0.418 — 0.066 %

表V—6 青山港地區重砂品位平均值統計分析

(1)重砂品位最低值 0.03　　log 0.03 = − 1.523

(2)重砂品位最高值 6.49　　lng 6.49 = + 0.813

(3)絕對值　0.812 − (− 1.523) = 2.335

(4)級距　2.335 ÷ 15 = 0.156

log	Grade %	Mid point X_i	frequency f_i	f_i X_i	X_i^2	f_i X_i^2	頻率 %	累積頻率 %
−1.523	0.030 >	0.022	2	0.044	0.0005	0.0010	0.65	100.00
−1.367	0.043 >	0.052	4	0.212	00.0027	0.0108	1.30	99.35
−1.211	0.062 >	0.076	12	0.912	0.0057	0.0693	3.88	98.05
−1.055	0.089 >	0.108	16	1.728	0.0116	0.1866	5.18	94.17
−0.899	0.126 >	0.154	40	6.160	0.0237	0.9586	12.95	88.99
−0.743	0.181 >	0.220	34	7.480	0.0484	1.6455	11.00	76.04
−0.587	0.259 >	0.315	49	15.435	0.0992	4.8620	15.86	65.04
−0.431	0.371 >	0.451	52	23.452	0.2034	10.5768	16.83	49.18
−0.275	0.531 >	0.646	33	21.318	0.4173	13.7714	10.68	32.35
−0.119	0.760 >	0.925	28	25.900	0.8556	23.9575	9.06	21.67
+0.039	1.089 >	1.325	22	29.150	1.7556	38.6237	7.12	12.61
+0.193	1.560 >	1.897	9	17.073	3.5986	32.3875	2.91	5.49
+0.349	2.234 >	2.717	5	13.585	7.3820	36.9104	1.62	2.58
+0.505	3.199 >	3.891	1	3.891	15.1399	15.1399	0.32	0.96
+0.661	4.582 >	5.572	2	11.144	31.0472	62.0944	0.64	0.64
+0.817	6.562							
			309	177.484		241.1854		

平均值 = 0.574 %

標準差 = 0.672 %

標準誤差 = 0.038 %

在 68 % 機率範圍內重礦物平均值爲 0.574 ± 0.038 %

在 98 % 機率範圍內重礦物平均值爲 0.574 ± 0.076 %

表V－7　永安、王爺港及青山港地區重砂之礦物組成

礦物＼地區	永安地區	王爺港地區	青山港地區
※含鐵礦物	61.44	59.22	30.00
鋯英石	7.55	9.37	17.91
黃色獨居石	0.33	0.54	0.71
黑色獨居石	—	6.55	14.04
柘榴子石	6.56	6.72	10.54
金紅石	1.92	1.63	2.06
白石	6.30	7.53	10.86
角閃石	4.15	1.00	2.63
紫蘇輝石	1.55	0.91	0.97
普通輝石	0.47	0.32	0.52
電氣石	0.59	0.38	0.35
綠廉石	3.22	1.44	3.84
十字石	1.56	0.67	0.62
綠廉石	2.36	0.69	1.23
磷灰石	0.44	0.37	0.41
其他	1.56	2.61	3.31

※含鐵礦物包括磁鐵礦、鈦鐵礦及褐鐵礦等。

台灣獨居石提取釷與鈾之研究

陳梅貞　吳坤鏞

引　　言

本研究係報告大量分解獨居石以求得到多量之釷化合物，而供溶劑萃取或離子交換法精製之用，並探求分解之最佳與最經濟之條件及嘗試鈾之提取。

獨居石常用硫酸或氫氧化鈉分解，作者等曾以氫氧化鈉溶液在高壓釜中分解獨居石[4]，發覺可得較高之效率。

試驗方法及步驟

礦砂係本所冶金室選出者，內含獨居石約80％。

氫氧化鈉溶液為碱業公司出產之固體碱配製而成；碳酸鈉為東南碱廠出品。其他鹽酸，硝酸，氫氧化銨，草酸等均為本所出品，符合A。C。S。規範。

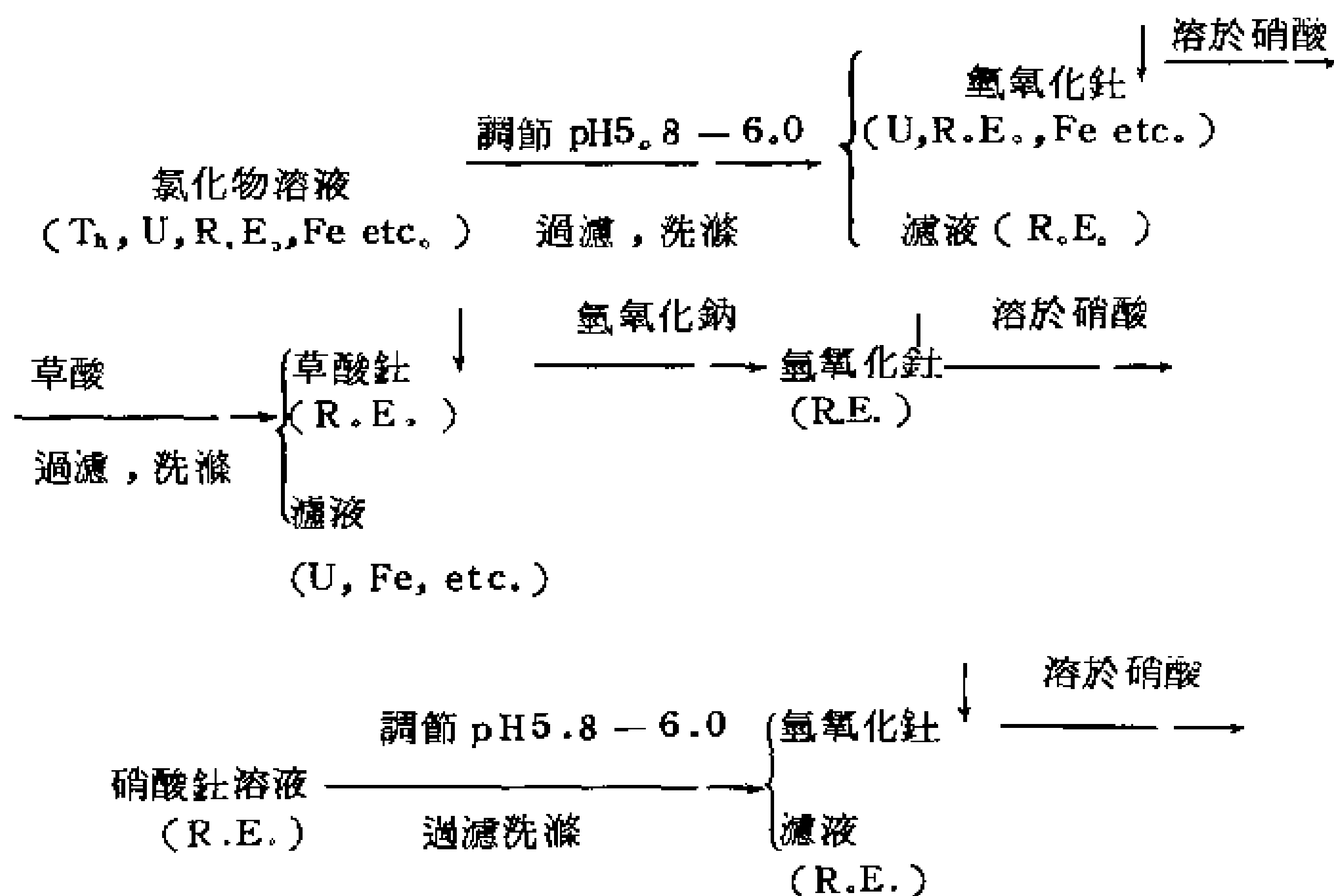
本試驗所用不銹鋼高壓釜的容積為十公升。

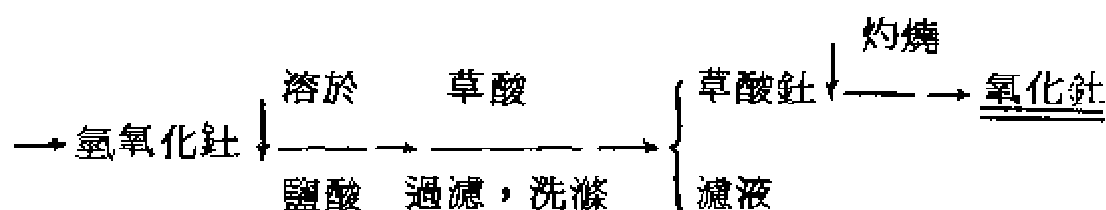
1. 為提高獨居石之分解率，獨居石礦砂用球磨機磨細，磨細後之礦砂約有 60％ 通過 325 篩目。（原礦砂約60％ 通過 200 篩目）。
2. 礦砂分解時，氫氧化鈉之用量及其濃度，分解所需之溫度，時間，攪拌速度均在探討之列。
3. 礦砂分解後的處理：

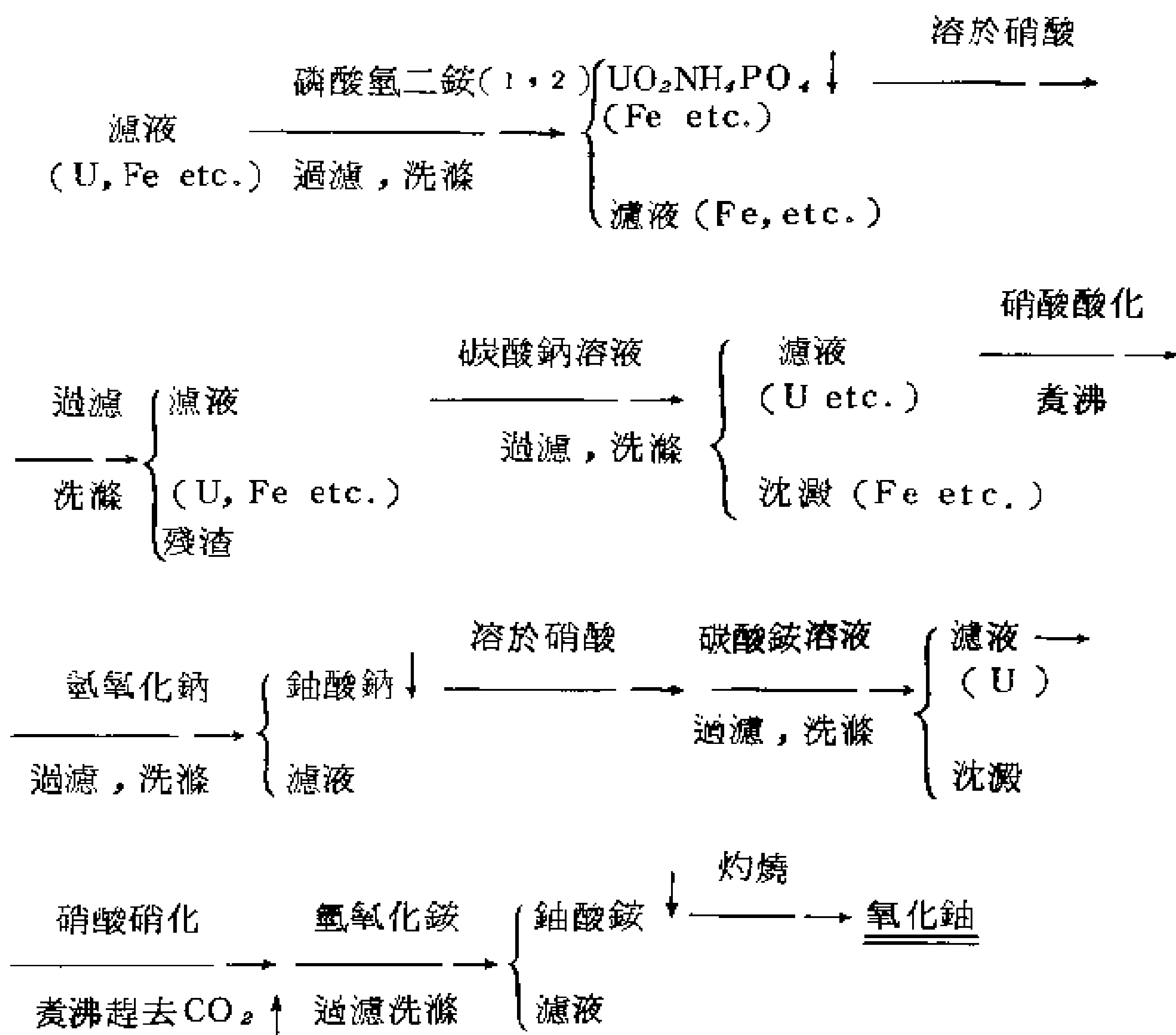
礦砂經氫氧化鈉溶液在高壓釜中反應完畢後，加水取出，稀釋後過濾，濾液為磷酸鈉及過量之氫氧化鈉，可設法回收；沈澱為釷、鈾、稀土金屬、鐵等氫氧化物，經水洗滌後，溶於溫熱濃鹽酸中，稀釋後過濾，濾液

內含有釷、鈾、稀土金屬、鐵等氯化物，不溶解物即爲未被分解之礦砂及不爲鹽酸所溶解之殘渣，經洗滌、烘乾、秤重，分析其中之主要成分，即可推知分解之情形。

釷、鈾、稀土金屬，鐵等氯化物溶液經以下步驟處理後，可得較純之釷、鈾化合物，今將處理步驟簡化如下：







試驗結果及討論

1. 獨居石礦砂經磨細後，分析其中之成分如下：

表一．礦砂之成分

成分	百分率（%）
Free moisture	0.34
$(Ta, Nb)_2O_5$	0.04
ThO_2	3.85
R.E. Oxide	58.78
U_3O_8	0.04
P_2O_5	26.35
SiO_2	2.96
Fe_2O_3	1.85
Al_2O_3	0.64
TiO_2	0.85
ZrO_2	2.54
CaO	1.58
MgO	0.09
PbO	Trace
	Total 99.91 %

2．獨居石在高壓釜中用鹼液分解時，釷和鈾的提取率與鹼液用量之關係：

礦砂數公斤和45% 氫氧化鈉溶液 6000 公撮，以不同比例在高壓釜中160°C下反應四小時，此時攪拌速度為750r.p.m. 反應完畢後處理如試驗方法3，分析其殘渣，結果如表二：

表二．釷和鈾的提取率與鹼液用量之關係

試驗編號	礦砂用量（公斤）	礦砂：NaOH（重量計）	殘渣重量（g）	主要成分	礦砂中各成份含量（%）	礦砂中各成份含量（g）	殘渣中各成份含量（%）	殘渣中各成份含量（g）	未被提取率（%）	提取率（%）
1	3.8	1:1	1146	ThO_2	3.85	146.30	1.25	14.33	9.79	90.21
				R.E.Oxide	58.78	2233.64	56.91	652.19	29.20	70.80
				P_2O_5	26.35	1001.30	23.55	269.88	26.95	73.06
				U_3O_8	0.04	1.54	0.02	0.23	15.13	84.87
				ZrO_2	2.54	96.52	8.43	96.60	100	0
2	3.0	1:3	809	ThO_2	3.85	115.50	0.93	7.52	6.51	93.49
				R.E.Oxide	58.78	1763.40	55.85	451.83	25.62	74.38
				P_2O_5	26.35	790.50	23.02	186.23	23.56	76.44
				U_3O_8	0.04	1.20	0.02	0.16	13.33	86.67
				ZrO_2	2.54	76.20	9.42	76.21	100	0
3	2.5	1:1.5	647	ThO_2	3.85	96.25	0.76	4.92	5.11	94.89
				R.E.Oxide	58.78	1469.50	56.55	365.88	24.90	75.10
				P_2O_5	26.35	658.75	22.9[illegible]	148.68	22.57	77.43
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
				ZrO_2	2.54	63.50	9.82	63.54	100	0
4	2.0	1:2.0	463	ThO_2	3.85	77.00	0.42	1.94	2.53	97.47
				R.E.Oxide	58.78	1175.60	54.19	250.90	21.34	78.66
				P_2O_5	26.35	527.00	22.25	103.02	19.55	80.45
				U_3O_8	0.04	0.80	0.02	0.09	11.25	88.75
				ZrO_2	2.54	50.80	10.98	50.84	100	0

由表二可知礦砂被分解時，所加之氫氧化鈉在1:1時，氧化釷之提取率已在90％以上，氧化鈾的提取率在85％左右，增加氫氧化鈉的用量，稍可提高兩者之提取率。

提取釷、鈾後不爲鹽酸所溶解之殘渣，其中大都是稀土金屬，磷酸鹽；鋯礦完全不爲鹼液所分解。

3．釷和鈾的提取率與鹼液濃度之關係：

礦砂數公斤按礦砂：氫氧化鈉＝1.15計算，和各種不同濃度之氫氧

化鈉溶液 6000 公撮，在高壓釜中 160°C下反應四小時，攪拌速度爲 750 r. p.m.，反應完畢後，處理步驟如試驗方法 3，分析其殘渣，結果如表三

表三．釷和鈾的提取率與鹼液濃度之關係

試驗編號	氫氧化鈉溶液濃度 (%)	礦砂用量 (kg)	殘渣重量 (g)	主要成分	礦砂中各成份含量 (%)	礦砂中各成份含量 (g)	殘渣中各成份含量 (%)	殘渣中各成份含量 (g)	未被提取率 (%)	提取率 (%)
1	50	3.0	723	ThO_2	3.85	115.50	0.57	4.12	3.57	96.43
				R.E.Oxide	58.78	1763.40	54.65	395.12	22.41	77.59
				P_2O_5	26.35	790.50	22.53	162.89	20.61	79.39
				U_3O_8	0.04	1.20	0.02	0.14	11.67	88.33
				ZrO_2	2.54	76.20	10.54	76.20	100	0
2	45	2.5	647	ThO_2	3.85	96.25	0.76	4.92	5.11	94.89
				R.E.Oxide	58.78	1469.50	56.55	365.88	24.90	75.10
				P_2O_5	26.35	658.75	22.98	148.68	22.57	77.43
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
				ZrO_2	2.54	63.50	9.82	63.54	100	0
3	40	2.3	652	ThO_2	3.85	88.55	1.08	7.04	7.95	92.05
				R.E.Oxide	58.78	1351.94	56.35	367.40	27.18	72.82
				P_2O_5	26.35	606.05	23.22	151.39	24.98	75.02
				U_3O_8	0.04	0.92	0.02	0.13	14.13	85.87
				ZrO_2	2.54	58.42	8.96	58.42	100	0
4	30	1.6	753	ThO_2	3.85	61.60	2.24	16.87	27.38	72.62
				R.E.Oxide	58.78	940.48	56.15	422.81	44.96	55.04
				P_2O_5	26.35	421.60	23.15	174.32	41.35	58.65
				U_3O_8	0.04	0.64	0.03	0.23	35.94	64.06
				ZrO_2	2.54	40.64	5.40	40.66	100	0
5	20	1.0	553	ThO_2	3.85	38.50	2.51	13.88	36.05	63.95
				R.E.Oxide	58.78	587.80	57.35	317.15	53.95	46.05
				P_2O_5	26.35	263.50	23.64	130.73	49.61	50.39
				U_3O_8	0.04	0.40	0.03	0.17	42.50	57.50
				ZrO_2	2.54	25.40	4.60	25.44	100	0

由表三結果，可知氫氧化鈉溶液濃度影響礦砂之分解甚大，氫氧化鈉溶液之濃度需在 40% 左右，氧化釷的提取率，才能到達 90% 以上。

4. 釷和鈾的提取率與分解溫度之關係：

礦砂 2.5公斤和 45% 氫氧化鈉溶液 6000 公撮以礦砂：NaOH=1:1.5 計算在高壓釜中，各在 180°C，170°C，160°C，150°C，140°C下反應五小時，反應完畢後，處理如前，分析其殘渣，結果如表四：

表四．釷和鈾的提取率與分解溫度之關係

試驗編號	分解溫度 (°C)	攪拌速度 (r.p.m.)	殘渣重量 (g)	主要成分	礦砂中各成份含量 (%)	礦砂中各成份含量 (g)	殘渣中各成份含量 (%)	殘渣中各成份含量 (g)	未被提取率 (%)	提取率 (%)
1	180	580	553	ThO_2	3.85	96.25	0.41	2.27	2.36	97.64
				R.E. Oxide	58.78	1469.50	55.88	307.36	20.92	79.08
				P_2O_5	26.35	658.75	21.58	119.34	18.12	81.88
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.11	11.00	89.00
				ZrO_2	2.54	63.50	11.49	63.54	100	0
2	170	580	630	ThO_2	3.85	96.25	0.48	3.02	3.14	96.86
				R.E. Oxide	58.78	1469.50	56.15	353.75	24.07	75.93
				P_2O_5	26.35	658.75	22.30	140.49	21.33	78.67
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
				ZrO_2	2.54	63.50	10.09	63.57	100	0
3	160	580	625	ThO_2	3.85	96.25	0.63	3.94	4.09	95.91
				R.E. Oxide	58.78	1469.50	55.40	346.25	23.56	76.44
				P_2O_5	26.35	658.75	22.92	143.25	21.75	78.25
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
				ZrO_2	2.54	63.50	10.17	63.56	100	0
4	150	750	634	ThO_2	3.85	96.25	0.83	5.26	5.47	94.53
				R.E. Oxide	58.78	1469.50	56.61	358.91	24.42	75.58
				P_2O_5	26.35	658.75	22.94	145.44	22.08	77.92
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
				ZrO_2	2.54	63.50	10.02	63.53	100	0
5	140	750	709	ThO_2	3.85	96.25	1.19	8.44	8.77	91.23
				R.E. Oxide	58.75	1469.50	56.80	402.71	27.40	72.60
				P_2O_5	26.35	658.75	23.28	165.06	25.06	74.94
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.14	14.00	86.00
				ZrO_2	2.54	63.50	8.96	63.53	100	0

由表四結果，以礦砂：氫氧化鈉＝1:1.5計算，45％ 氫氧化鈉溶液在高壓釜中反應五小時，溫度在 140°C左右，氧化釷的提取率可達90％以上。在140 — 180°C 間，溫度昇高可稍增其提取率。

5. 釷和鈾的提取率與分解時間之關係：

礦砂2.5公斤和45％ 氫氧化鈉溶液6000 公撮用量以1:1.5 計在高壓釜中160°C下各反應五小時、四小時、三小時；此時之攪拌速度爲580r.p.m.,反應完畢後，處理如前，分析其殘渣，結果如表五。

表五．釷和鈾的提取率與分解時間之關係

試驗編號	分解時間 (hr.)	殘渣重量 (g)	主要成分	礦砂中各成分含量 (%)	礦砂中各成分含量 (g)	殘 中各成分含量 (%)	殘渣中各成分含量 (g)	未被提取率 (%)	提取率 (%)
1	5	625	ThO_2	3.85	96.25	0.63	3.94	4.09	95.91
			R.E. Oxide	58.78	1469.50	55.40	346.25	23.56	76.44
			P_2O_5	26.35	658.75	22.92	143.25	21.75	78.25
			U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
			ZrO_2	2.54	63.50	10.17	63.56	100	0
2	4	652	ThO_2	3.85	96.25	0.89	5.80	6.03	93.97
			R.E. Oxide	58.78	1469.50	56.65	369.36	25.13	74.87
			P_2O_5	26.35	658.75	23.03	150.16	22.79	77.21
			U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
			ZrO_2	2.54	63.50	9.75	65.57	100	0
3	3	65.9	ThO_2	3.85	96.25	0.94	6.19	6.43	93.57
			R.E. Oxide	58.78	1469.50	56.69	373.59	25.42	74.58
			P_2O_5	26.35	658.75	23.08	152.10	23.09	76.91
			U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
			ZrO_2	2.54	63.50	9.64	65.53	100	0

由表五結果，礦砂用45% 氫氧化鈉溶液在高壓釜中160°C下反應三小時，氧化釷的提取率已在90% 以上，增加反應時間，稍可提高其提取率。

6. 釷和鈾的提取率與分解時攪拌速度之關係：

礦砂2.5公斤和45% 氫氧化鈉溶液6000 公撮，用量以1:1.5計，在高壓釜中160°C下各反應五小時及四小時，其攪拌速度各爲750 r.pm. 及580 r.p.m.(所用高壓釜攪拌器只有二種攪拌速度)，反應完畢後，處理如前，分析其殘渣，結果如表六：

表六. 釷和鈾的提取率與攪拌速度之關係

試驗編號	分解時間 (hr)	攪拌速度 (r.p.m)	殘 重量 (g)	主要成分	礦砂中各成份含量 (%)	礦砂中各成份含量 (g)	殘渣中各成份含量 (%)	殘渣中各成份含量 (g)	未被提取率 (%)	提取率 (%)
1	5	750	626	ThO_2	.3.85	96.25	0.66	4.13	4.29	95.71
				R.E.Oxide	58.78	1469.50	55.45	347.12	23.62	76.38
				P_2O_5	26.35	658.75	22.93	143.54	21.79	78.21
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	12.52	87.46
				ZrO_2	2.54	63.50	10.16	63.60	100	0
2	5	580	625	ThO_2	3.85	96.25	0.63	3.94	4.09	95.91
				R.E.Oxide	58.78	1469.50	55.40	346 25	23.56	76.44
				P_2O_5	26.35	658.75	22.92	143.25	21.75	78.25
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
				ZrO_2	2.54	63.50	10.17	63.56	100	0
3	4	750	647	ThO_2	3.85	96.25	0.76	4.92	5.11	94.89
				R.E.Oxide	58.78	1469.50	56.55	365.88	24.90	75.10
				P_2O_5	26.35	658.75	22.98	148.68	22.57	77.43
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	13.00
				ZrO_2	2.54	63.50	9.82	63.54	100	0
4	4	580	652	ThO_2	3.85	96.25	0.89	5.80	6.03	93.97
				R.E.Oxide	58.78	1469.50	56.65	369.36	25.13	74.87
				P_2O_5	26.35	658.75	23.03	150.16	22.79	77.21
				U_3O_8	0.04	1.00	0.02	0.13	13.00	87.00
				ZrO_2	2.54	63.50	9.75	63.57	100	0

由表六結果，若分解時間足夠，攪拌速度的快慢對釷和鈾的提取率無多大影響，若分解時間較少，增加攪拌速度，稍可增加其提取率。

由以上五表，可推知礦砂分解時氫氧化鈉用量多，濃度高；分解溫度高，時間多；可增加釷和鈾的提取率，但以經濟觀點論，減低分解費用及減少高壓釜的被損害，選擇以下的分解條件為佳：氫氧化鈉溶液的濃度為45%，其用量為礦砂之1.5倍，在160°C分解四小時，攪拌速度為750 r.p.m.，礦砂在此條件下分解，氧化釷的提取率在95% 左右，氧化鈾的提取率在85% 以上。

7. 中間產品硝酸釷溶液的分析：

此次分解獨居石計30 餘次，分解後，為了節省時間，每分解二、三次後混合處理，經兩次調節 pH 值和一次草酸處理後之硝酸釷溶液，取其中二次加以分析，結果如下：

表七．硝酸釷溶液的成分

試驗編號	每公撮溶液中氧化釷含量 (g)	每公撮溶液中稀土金屬氧化物含量 (g)	每公撮溶液中氧化鈾含量 (g)	氧化釷在混合氧化物 (ThO_2+R.E.Oxide) 之百分率
1	0.1418	0.0265	0.0008	84.25%
2	0.2067	0.0277	0.0009	88.18%

礦砂分解後，如以上處理，所得之硝酸釷溶液，其中氧化釷的純度已在80% 以上，若要提高氧化釷的純度，可重複調節溶液的 pH 值，使稀土金屬分離。

8. 成品氧化釷的分析：

獨居石經氫氧化鈉溶液在高壓釜中分解後，如試驗方法 3 處理，得草酸釷二批，將此二批草酸釷各取少量加以灼燒成氧化釷，然後分析其中之成分，結果如下：

表八．氧化釷的成分

成分 ＼ 百分率 ＼ 編號	1	2
ThO_2, %	93.23	78.75
R.E.Oxide, %	6.04	21.04
Fe_2O_3, %	0.15	0.35
TiO_2, %	0.02	0.05
Loss on ign., %	0.55	0.73
Total, %	99.99	100.97
ThO_2 M.O. % (M.O.=ThO_2+ R.E.Oxide)	93.92	78.91

表九．鈾酸鈉的成分

成分 ＼ 百分率 ＼ 編號	1	2	3
U_3O_8, %	83.22	63.78	52.58
Na_2O, %	10.76	14.53	11.57
SiO_2, %	0.45 (合計 SiO_2, Fe_2O_3, TiO_2)	3.21	5.83
Fe_2O_3, %		2.02	6.01
TiO_2, %		2.88	9.83
P_2O_5, %	—	1.49	1.83
R.E.Oxide, %	—	Trace	1.85
Loss on ign., %	5.56	12.26	10.47
Total, %	99.99	100.17	99.96

由表七、表八結果，礦砂分解經處理後所得的釷化合物，其中主要的雜質爲稀土金屬，且釷化合物中氧化釷的含量可相差甚遠，推究其原因，不外乎下列兩點：(1)當分離稀土金屬和釷調節 pH 值時，溶液的濃度不宜太高，影響產品釷化合物的純度；(2)處理過程中，攪拌的操作，要特別注意。

9. 草酸母液中提取鈾，中間產物鈾酸鈉的分析：

表九中三者各成分含量相差甚遠，樣品 1 較純，提取步驟與樣品 2,3 稍有不同，但易遭失敗；礦砂中含鈾量甚少，係自多次分解分離釷化合物後的草酸母液聚集中提取，此時溶液的濃度各不相同，其中各成分的含量也不相同，致中間產物鈾酸鈉的成分含量相差很多，此不純之鈾酸鈉，可再用碳酸銨分離之，使成純的鈾酸銨，經灼燒即成氧化鈾。

結　　論

含獨居石 80% 左右的礦砂，磨細後約有 60% 通過 325篩目，用 45%以上氫氧化鈉溶液，氫氧化鈉的用量爲礦砂的 1.5 倍，在高壓釜中 160°C以上作用四小時，攪拌速度約爲 750 r.p.m.，氧化釷的提取率可達 95% 左右，氧化鈾約在 85% 以上。

分解後的處理，較爲繁雜而冗長，經過調節 pH 值和草酸的分離，所得氧化釷的純度可在 90% 以上，各步驟處理時，溶液的濃度不宜太高，以免影響產品的純度，因處理步驟冗長，其間不免有所損失，但其收率也在分解後總氧化釷量的 99% 强。

臺灣獨居石中含鈾量甚少，提取較困難，經草酸、磷酸氫二銨、碳酸鈉、碳酸銨等分離可得較純之鈾酸銨，灼燒後成氧化鈾，但其收率只爲分解後氧化鈾總含量的 $\frac{1}{3}$ 强，若改善處理方法或有較好之結果。

誌謝：　本研究承張樣熙，陳耀金兩位先生之協助，謹此致謝。

參考文獻

(1) C J. Rodden. "Analytical Chemistry of The Manhattan Project

p. 21 Mc Graw-Hill Book Company, Inc. (1950).

(2)P. Krumholz and F. Gottdenker of ORquima S.A. " The Extraction of Thorium and Uranium from Monazite" A/CONF. 8/p/133 29 June (1955).

(3)陳梅貞："化學"民國五十七年第二期，p. 79 (1968).

海濱地帶的利用

王銘輝

一、前　　言

濱海水域及海洋線常因各種活動的對立衝突所引起的物理性變化，法律上的糾紛及制度上的競爭造成了該地區重大問題。

往昔的時光證明了某些種類的濱海地帶的利用而侵蝕了該地區資源的基礎。在許多場合中，民間企業的開發，已嚴重的妨害了濱海地帶附近的公衆。更由於疏浚及塡土的措施，破壞了河口生物的生息地，摧殘了國家漁業的潛在地。以小失大，智者不爲，實可引爲未來國家濱海地帶開發利用的殷鑒。

濱海地帶非僅擁有單一的資源，也非僅作單元化的利用。在爲水所覆沒的水域內所存在之動、植物僅是最顯明的資源利用之一，其他諸如廢棄物處理、遊樂性海岸之建立，水資源的應用及運輸上的便利，非生物資源的開發（石油、瓦斯、砂石）等亦是濱海地帶可資利用者。而最重要之事乃各種不同的利用爲互相依存而非獨自可行，其本質正式在構成多元化、多目標的利用系統。

二、「濱海地帶」的定義

沿岸地帶乃陸地與海洋之間環境變化最大之地域，或謂濱海地帶乃爲接近海洋而受其影響之陸地部分及接近陸地受其影響之海洋部份的聯合。或謂濱海地帶乃海岸線向海方向延伸近大陸棚的海岸部份與向陸地延伸之河口部份的聯合。而所謂「大陸棚」，依 1958 年聯合國所頒佈之「大陸棚公約」的第一條款所詮釋，乃指(1)鄰接海岸但在領海以外之海底區域之海床及底土，其上海水深度不超過兩百公尺，或雖逾此限度而其上深度仍使該區域天然資源有開發之可能性者。(2)鄰接島嶼海岸之類似海底區域之海床及底土。由以上所述沿岸地帶顯而易見的包括了海岸線、大陸棚及河口區。

三、濱海地帶的利用

特定的利用富含變化、而一般性的簡介如下：

1．產業的開發

濱海地帶產業開發的利用，爲任何地區經濟成長的重要一環，而產業公司的競相開發，可造成一臨海工業地帶，至於其吸引產業界的理由有三。

㈠運輸上的便利。

產業公司加工所輸入的原料及運出的製品，若能利用水上運輸，則能降低成本，而在市場上取得有利的地位。

㈡水資源的應用。

大多數的產業生產過程均需水的大量供應，產業用水較家庭用水大得多，雖如此，但大多數的產業者使用鹽水則已足矣。1965年美國產業界使用的工業水中20％爲鹽水，此百分率正年年提高，此亦乃濱海地帶吸引產業的原因之一。

㈢廢棄物處理方便。

若能在有關當局妥善的督導下，避免超過污染的標準，則海岸乃是處理產業廢棄物最有力的位置。

2.住宅的開發

住宅開發爲濱海地帶開發的主要部門之一，民意測驗統計及社會經濟傾向，在顯示出民間企業對於海濱住宅開發興趣正在急激的增高中，假若目前的趨勢繼續下去的話，則將造成所有的「濕地」均被填平而用來建造住宅。美國聖地牙哥建於海濱的住宅，均能以高價售出，而面臨海岸的土地的地價，亦較他處爲高，依美國政府1966年所作的國內調查指出，商業及民間住宅開發佔河口面積減少原因的第二位，預測1975年將昇至首位。

開發之餘，亦得正視一重要問題，即海濱住宅排出之污水直接注入海中，將造成嚴重的污染。

3 遊樂性海岸的建立

由於人口不斷的往都市集中，戶外遊樂設施益形迫切需要，而大都市周邊

的「水」乃成爲主要遊樂設施不可或缺之物。

以美國爲例，其戶外遊樂局於1966年所作的調査中，推測於1980年「訪問」海濱的人數總計將達100億人，此數目乃爲1960年的兩倍。而公元兩千年將達170億，即爲1960年的四倍。

依其1965年之調查，最普通的夏季活動前後順序爲散步、游泳、駕駛、戶外運動、觀光遊覽、野餐、釣魚、戶外運動觀賞、操舟、徒步健行、露營。推測公元兩千年其前七位乃爲游泳、戶外運動、散步、駕駛、觀光遊覽、野餐、操舟。由此可見濱海地帶已成爲國民未來戶外遊樂活動的主要產地。

再看另一統計數字，美國現時有舟艇約830萬隻，其中80%分佈於三十個沿岸帶及五大湖湖岸，據估計公元兩千年參加操舟人數爲兩倍以上。業餘性的漁獵亦爲濱海地帶帶來了人潮，其成長率較人口成長率更快，1966年爲9700萬人一日，花費約八億美金，至公元二千年，人數將達三倍。

以上種種數字的統計告訴我們，遊樂性海濱的建立此其時矣！

濱海地帶的戶外娛樂，正有待民間企業的開發推展，但首先得認識遊樂性之利用與他種利用間的技術性關係非常複雜。例如住宅開發所處理的家庭用污水，對於游泳却不適合，但也許却爲魚類增殖的餌料，又如滑水與釣魚間亦形成對立局面。

新的土木建築及技術觀念，將有助於海岸地帶諸種利用間的協調，例如新型大規模海上港埠的計劃中，即有公共遊樂性用地的設施，新港埠的建設加長了海岸線，而其殘土可用於構築新生島或半島。（如高雄港之填充新生地）

4．商業性漁業

依統計美國1967年魚獲量約四十億磅，總值4億3800萬美元，，其中的70%約三億美元乃得自濱海地帶者，其濱海水域一年間總魚量生產可能量達三百億磅。

濱海及河口水域，乃爲全海產魚獲之⅔的營養及生存不可欠缺之地，日本價格最高的商業魚類，十種中的七種，其生活週期的全部或一部分是在河口區渡過，且至少有其他八〇種主要商業魚類得賴此地帶生存。

但這種資源的開發，往往因與他種利用間發生對立而無所進展。在美國多數州因為了特定利害關係團體（業餘釣魚者團體）的利益，而制定了使商業漁業蒙受其害的法律。例如緬因州禁止魚民以張網方式捕鯖魚，這種禁止不見得有何合理目的。如果能使用適宜的設備當不僅能增加漁獲量，且可維持鯖魚資源，並保護釣魚運動用之魚類。在某些州則更禁止漁民在週五日至週一日間出捕某些特定的魚類，如鱈魚、鯡魚之屬，而其所持理由僅是保護業餘釣魚者在週末、週日釣魚時不致空手而回，這種種的限制深深地遏抑了目前商業漁業的發展，更甚者，為了經濟及法律問題更陷入了困境，石油產業侵入了原為濱海漁場的水域，譬如在路易斯安那州，牡蠣養殖及蝦漁捕獲雖為大企業，但若與州內巨大的石油事業相較實微不足道。1966 年路州漁獲金額約一億美元，但石油事業所生產之原油、液體瓦斯、天然瓦斯價值高達卅二億美元，其石油事業擔負州內稅收的 46 %。

以上所述顯示，河口的破壞增大，大部分濱海漁業正受到污染嚴重受威脅。發展國內漁業，這些乃為不能忽視的問題。

5．水中養殖

在今日，沿海水中養殖的重要性已大大升高，將來國內若能有計劃的提高生產，則依市場的需求調查、技術的開發，水中養殖在廿～卅年內，會有美好的景象。由於有鰭魚類與甲殼類的有組織的生產，而使目前遠洋及底棲類的必要性降低。而對於「濕地」及淺水河口的需要將因刺激而興盛。

水中養殖盛行亞洲諸國，日本總漁獲量的 5 %得自沿海地區，中華民國及菲律賓亦有相當產量。

蝦及其他甲殼類、漁類及特殊的軟體動物類的養殖可在海邊實施，且可與其他事業共享水資源、運輸及場所之便利。譬如牡蠣養殖所需的溫水，可計劃利用發電所之廢棄熱做為加熱用燃料。

6．海洋石油開發

根據國際各大石油公司的調查，大多數（約 60 %）的大陸棚的地質均適合石油生成的條件。將來探測之海域石油資源可能多於已知的陸地石油資源。海域石油企業將為未來沿岸地帶利用的最大企業，目前已有廿多國正在進行中。

石油工業所面臨的許多問題與其他濱海地帶利用者相同。這些問類如下：

㈠航行的改善

石油事業深覺有改善航行的必要，其要求定位準確度的提高，即自海岸起自 200 浬內，需有 15 公尺內誤差的準確度。

㈡環境預報

能有效計劃運用人員、物資、以測量風、海洋暴風及其他氣象上的認識及預報。

㈢改善混亂的海上交通

油井設備及在海上移動的作業船隻需要有一個高度安全性的海上交通的作業海域。

㈣調查

測定海岸水域深度，製成海圖，則可節省作業者的時間及作業場所。

7 .海洋礦業

雖然海洋礦業經多次的調查，但除砂及石礫外，幾無重大的開發利用，其目前主要產業如下：

㈠砂及礫石

只需少量資金即可開採，但運輸費用佔了價格的大半，其產物大都用於都市之建築，都市伴著鄰近砂石採掘坑的增大而成長。濱海礦床因距離短，海上運輸費用便宜，乃使產業愈發有吸引力。

㈡牡蠣殼

美國在此產業的生產每年約為 3000 萬噸，除使用於製造混凝土及石灰等道路材料，又可使用於製造家庭用飼料及肥料添加物。

㈢ 磷灰石

目前已在許多國家的濱海水域發現了磷灰石的礦床，如日本、南非、阿根庭、美國等。但目前僅有少數國家進行開採。因濱海地帶可利用低廉的海運，若在技術上多下工夫則實有開發利用之價值。

㈣重砂

以鈦礦砂、鋯礦砂及獨居石為主，年產值逾 2000 萬美元，其中以澳洲產量最大。台灣西海岸海溪有大量重砂蘊藏，亟待再行勘測，以利開

發。

四、臺灣濱海地帶之利用

1．海域石油的開發

臺灣海峽的石油開發，目前中油公司已在加速進行中並打下了數個探勘井。臺灣北部大陸棚國際探測調查，認爲含有豐富的石油資源，希望政府能再度測勘以求證實，若得證實，則在能源短缺的今天，實不啻是一興奮劑，對國家的經濟成長更具有特殊的意義

2．濱海地帶礦業之開發

濱海地帶的礦業至目前爲止可謂尚未利用開發。經濟部所屬金礦公司於今年五月間曾與中國文化學院海洋研究所合作探勘金瓜石水南洞灣的金屬礦砂，頗有成就，且後者目前亦正在進行探勘全省沿岸地帶的重砂分部，研究其開發利用的可行性，國科會亦在注視是發展中。目前輔導會在部分地區從事開發，大量採掘有待進一步探勘。

3．遊樂性海濱及海上公園的建立

臺灣海峽北部冬季受強烈東北季風之吹拂，夏季又有颱風爲患，這些都是有礙遊樂性海濱發展的因素，但臺灣的自然條件優異，緯度適中，氣候溫和，且海島環境絕佳，風景如畫，誠爲建設遊樂海濱及海上公園最佳場所。臺灣北部沿岸海域包括金山、野柳、石門、白沙、萬里、瑞濱、海濱等爲濱海觀光區，亦可供游泳、操舟、滑水、潛水等娛樂。南部的高雄——小琉球之間可闢爲海上觀光航線而鵝鑾鼻一帶海岸風光綺麗，珊瑚礁石崢立，水中生物繁多，可發展爲海上公園，東部沿岸地形雄偉，海岸公路傍山面海，鬼斧神工，山勢壯麗，巖下礁石密佈，白浪似雪，景色絕佳，實可構成濱海觀光地帶。

西部沿岸天然海水浴不敷需求，可擇地建造人工浴場，設置人工砂濱，人工砂濱需選擇粒度、粒質均適合的砂沿海岸線廣大區域堆積鋪設，如此可供海水浴之用。

海上公園應配有海洋空中纜車，可俯覽水中奇景，並應建有海中移動式展望塔，內有展望室，其透明窗可展望海底奇景而至少能在水下十公尺，容

納廿～卅人左右。如此可使遊客有如置身水晶幻宮之感。另應海中「漫步大道」的設計使遊客除觀賞海中奇景外，更能有較大的移動空間，有如置身陸地上無拘束之感。

4. 水中養殖

高屏間海濱區域水中養殖本已有基礎，其間東港水產試驗所之人工養殖最負盛名，因此本沿岸地帶可加以開發利用，使之成為臺灣濱海地帶的「海底牧場」。

5. 產業的開發

西部濱海地帶可依海岸地勢以疏濬的方法，有計劃的建設一連串的小型工業港，以填土的方法發展海浦新生地，完成臨海工業地帶，甚至建造複工島及港灣設施、生產、貯藏、廢棄物處理工廠設施為一體。（如圖 1 ）

五、結　　論

臺灣四面環海，海岸線有千多公里，濱海地帶條件優越，若能先完成實地調查測勘，而後做有計劃的開發利用，相信在政府與民間力量通力的合作下，濱海地帶的利用將會為國家帶來經濟的繁榮，提高國民的生活水準。

參考資料

1. 海洋科學上環境
2. 海洋開發事典
3. 邁向廿一世紀的海洋開發
4. 聯合國大陸棚礦產開發研討會報告

表一 舊金山灣海岸地帶的利用(1966年7月)

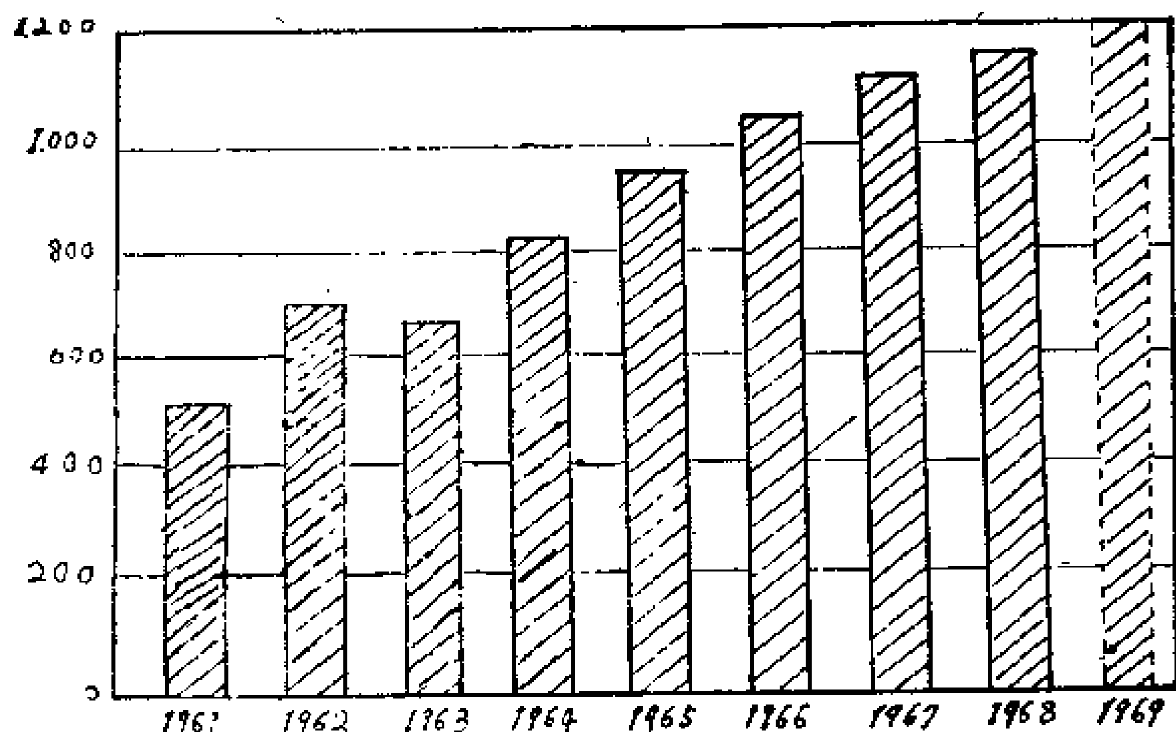
利用	所占海岸線長度(浬)	百分比合計(%)	占用百分比(%)	位次
住宅	36.97	10.7	20.3	2
商業	7.35	2.1	4.0	12
停車敞	0.11	—	—	15
水源工業	19.05	5.5	10.5	5
其他產業	14.07	4.1	7.7	7
公共設施	7.87	2.3	4.3	11
運輸	34.28	9.9	18.8	4
各研究所	13.07	3.8	7.2	9
遊樂設施	17.33	5.0	9.5	6
製鹽	9.88	2.9	5.4	10
農業	13.57	3.6	7.4	8
林業	5.42	1.0	3.0	13
其他用途	3.36	1	1.9	14
占用小計	182.34	52.8	100.0	
池沼	126.95	36.8		
空間地	35.97	10.4		
海岸線長度合計	345.26	100.0		

表二、西雅圖濱海地帶利用之調查(1966)

利用	面積(1000ft²)	百分比(%)
住宅	18	—
商業	9,321	19.8
產業	10,711	22.9
運輸	13,814	29.5
政府及研究機構	4,624	9.9
文化及娛樂事業	58	—
其他未開發	8,402	17.9
合計	46,948	100.0

表三、美國海濱遊客、業餘釣魚者及海濱生物觀賞研究者人數統計及推測

	1960	1966	1980	2000
濱海地帶遊客	45×10^{7} 人一日		10×10^{7} 人一日	170×10^{7} 人一日
業餘性釣魚者		$9.7\times7\,10^{7}$ 人一日		29.1×10^{7} 人一日
海濱生物觀賞及研究者		1.1×10^{7} 人一日		4.0×10^{6} 人一日



表四、美國1960年～1969年近海油井每年新增加數

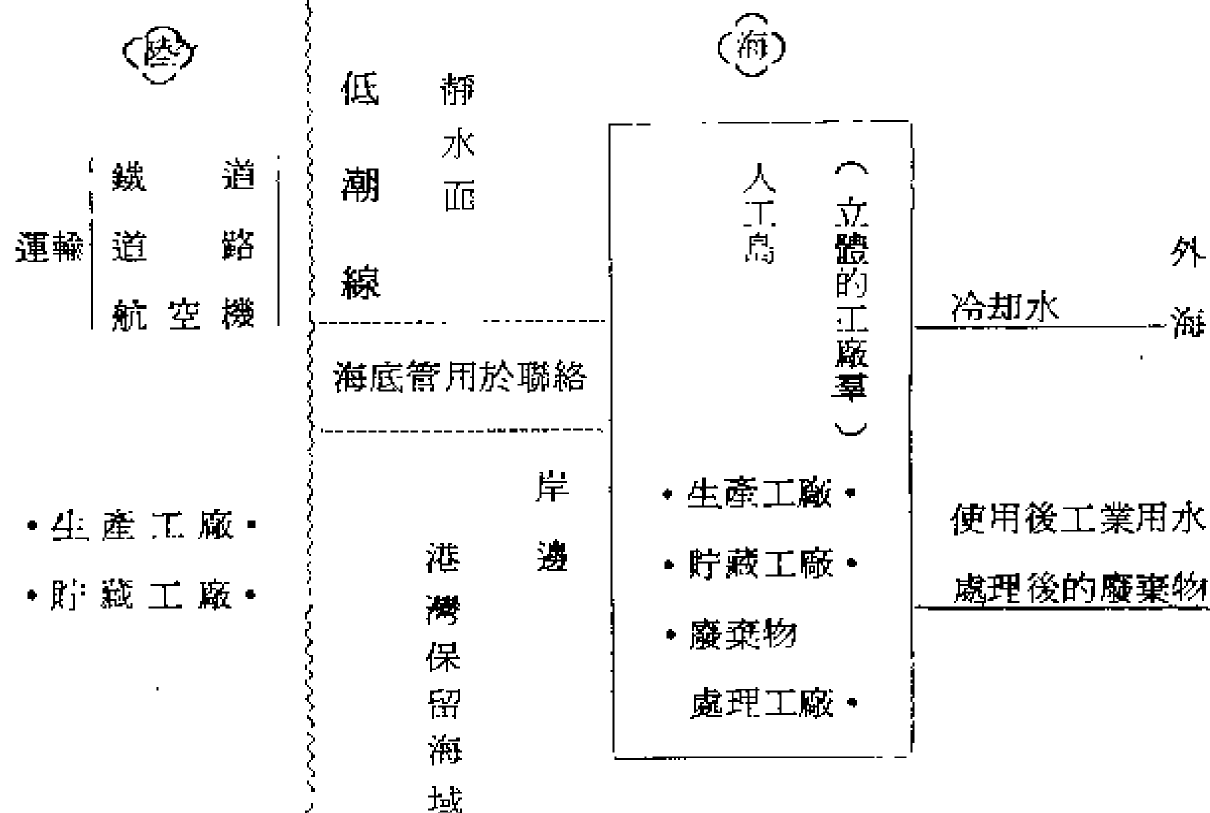


圖1 複合人工島之構想圖

金屬材料在海水中腐蝕的研究

李建志

一、前　　言

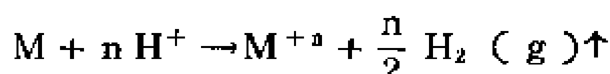
海洋環境中金屬材料都能由於物理性的磨去及化學性的腐蝕而破壞或變質。物理性的磨去，如岸邊或海底因流動的海水撞擊金屬表面使金屬表面物質脫落而增加金屬的腐蝕率。化學性的腐蝕則因每一地方的海水溫度、鹽度、含氧量、有機體含量均不同其腐蝕的情況亦不一樣。

海洋中化學性腐蝕的研究工作以實驗室中的電化學研究及利用實際的金屬材料置於海洋中來研究其腐蝕的情況。1964年在法國之勘力尼斯（C-annes）舉行的海洋腐蝕會議中提出研究應力腐蝕破裂及合金金屬對應力腐蝕承受力等問題後，則使世人對海洋腐蝕才有進展的研究。1962年～1969年間NCEL（Naval civil engineering Laboratory）與NSRDC（Naval Ship Research and Development Center）則研究太平洋及大西洋海洋的腐蝕情形。針對這些研究結果與經驗來作各種結構物金屬材料的防蝕試驗，應用它們的試驗作爲海域金屬材料的選擇。

二、腐蝕的原因及種類

海洋中腐蝕的性質有物理性之表面受海水流動而脫落而促進腐蝕率的腐蝕及由於化學性產生的表面均相浸蝕、孔蝕、裂蝕，應力腐蝕破裂（st-ress corrosion cracking），疲勞腐蝕（Corrosion fatigue），流電腐蝕（Galvanic Corrosion）及氫脆（hydrogen embrittlement）

若有一金屬浸置於水溶液中，則有氧化或電價改變的發生。位於金屬取代次序表氫之上的活性金屬能將中子取代而放出氫氣。



$$M + nH^{+} \rightarrow M^{+n} + \frac{n}{2} H_2 (g)\uparrow$$

而海水為電解質能導電，若兩種不同金屬置於海水中，則能形成電路，由於流電關係而產生金屬的腐蝕現象。

Speller（1951）列出影響金屬腐蝕的因素如下：

㈠與金屬本身有關主要因素：

1. 在溶液中金屬有效電極的電位差。
2. 在金屬上氫的超電壓性。
3. 金屬之化學及物理均勻性。
4. 金屬能形成絕緣保護膜的能力。

㈡與海洋環境有關的主要因素：

1. 酸度（PH值）
2. 溶解氣體的性質與濃度，如含氧量。
3. 離子在海洋中的性質，濃度與分佈情況。
4. 海水在金屬面上的流速（flow rate）。
5. 溫度。
6. 海洋環境對金屬表面形成保護膜的能力。
7. 機械應力。
8. 不同材料的物質相接觸。
9. 有機體的性質與濃度。

在海水與空氣接觸面及海水與海底接觸面上，含氧量或含 H_2S 量的濃度梯度為影響腐蝕很大的因素。海洋中含氧量的濃度能使鋼筋混凝土變質，在含氧量達飽和及含 CO_2 很多的情況腐蝕率最高。H_2S 有時能增加腐蝕，但若形成保護腐蝕的硫化物如FeS則能降低腐蝕率。

海水中PH 值與含氧量成正比。若PH 值愈低，則有利於硫酸鹽還原細菌的繁殖。含氧量愈高，則愈有利於氧化細菌的繁殖。如此若海水中由於PH值及含氧量改變則影響生物體的繁殖，使鋼體產生腐蝕。Uusitalo（1961）發現低碳鋼的鋼材，在海流流速為5m/sec的腐蝕率大於靜水腐蝕率，約為靜水時的15倍。Juchniewicz（1958）利用電流密度的陰極防蝕法，證明航行中的船需要電流密度約為停泊船的兩倍。

最近有人研究在流體靜壓力很大的深海處作腐蝕的試驗，於一定溫度下，壓力對於電壓E的效應為：

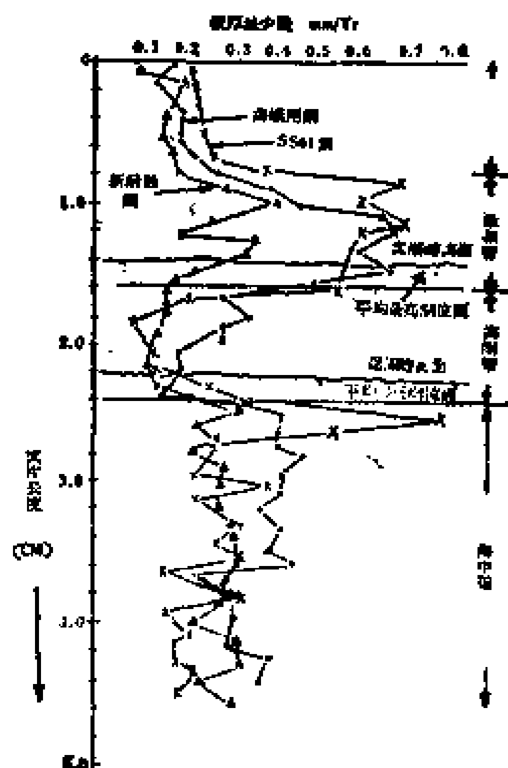
$$\left(\frac{dE}{dP}\right)_{C.T}=\frac{\Delta v}{nF}$$

Δv →在 n 法拉第時體積的改變量

通常深海處的腐蝕性小於表面之海水的腐蝕性，但在海底泥線(mud line) 以下則腐蝕性大於表面海水，這是由於低溫，低流速及含氧量低之故。但有時裂蝕的發生則反而在深海處較大。又由於溫度關係，就一般而論熱帶地區的腐蝕大於寒帶地區鋼鐵的腐蝕性。

在海洋中由於有不同的生物生長，有的生物能附著在金屬表面上而降低金屬表面的腐蝕，但有的生物則由於附著在金屬表面而產生孔蝕的現象。如籐壺(Barnacles)附於鋼鐵面上而產生孔蝕，又生物生長時消耗氧氣降低含氧量，產生有毒的排泄造成金屬的腐蝕。

在溶液中若移開生成物或再加入反應物則能加速腐蝕率，增加兩不同金屬間的電位差亦能促進腐蝕，瞭解以上的腐蝕原因，則能作為防蝕處理的原則。



三、腐蝕的試驗

隨深度不同的海水環境中，若利用新耐蝕鋼，海域用鋼，SS41 鋼等試品置於表面海水中，(含氧量 6.7ppm ，PH = 8.10，S = 30.620) 經過 120 天後試片腐蝕變化的趨勢圖如圖 1 。

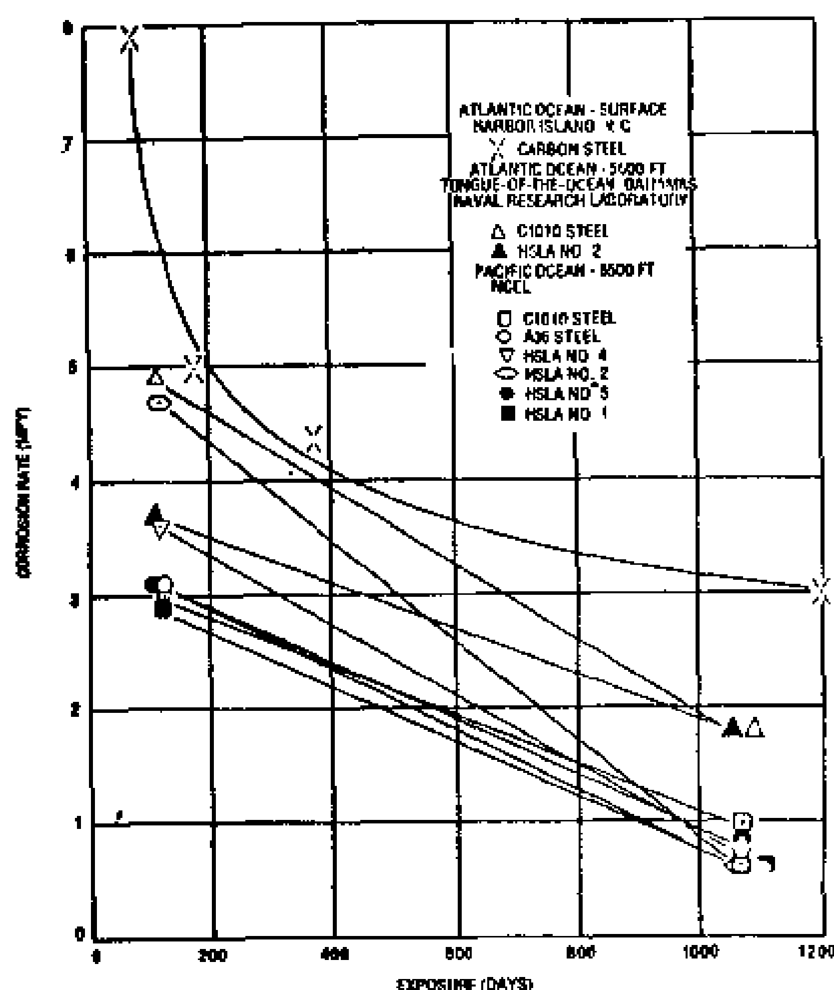
NCEL 研究太平洋及 NSRDC 研究大西洋的深海海水狀況，結果如下

	大西洋	太平洋
位置	23°52.12′N, 76°46.60′W	23°51′N, 120°35′W
深度	4050	5900
溫度	4.56°C	2.3°C
含氧量 ml/ℓ	5.70	1.6
鹽度 ppt	34.98	34.6
流速（Knots）	0.5	0.03
PH		7.4

並經過NCEL及NSRDC研究深海中不同金屬的腐蝕情形如下：

1. 含碳及低合金鋼的腐蝕

由於深海海水受含氧量，流速，合金含量的不同，使AISI 1010 及ASTM A36，A397-D及A514 等金屬有不同的腐蝕率，約爲1—8 mpy（mils per yeax）。



AISI 1010, 1020，4130，4340 級的鋼及ASTM A36，A387，A514 級鋼在深海海水中腐蝕率較在表面海水中要小。低合金鋼在海洋中的腐蝕率如圖二。

2. 鋁合金的腐蝕

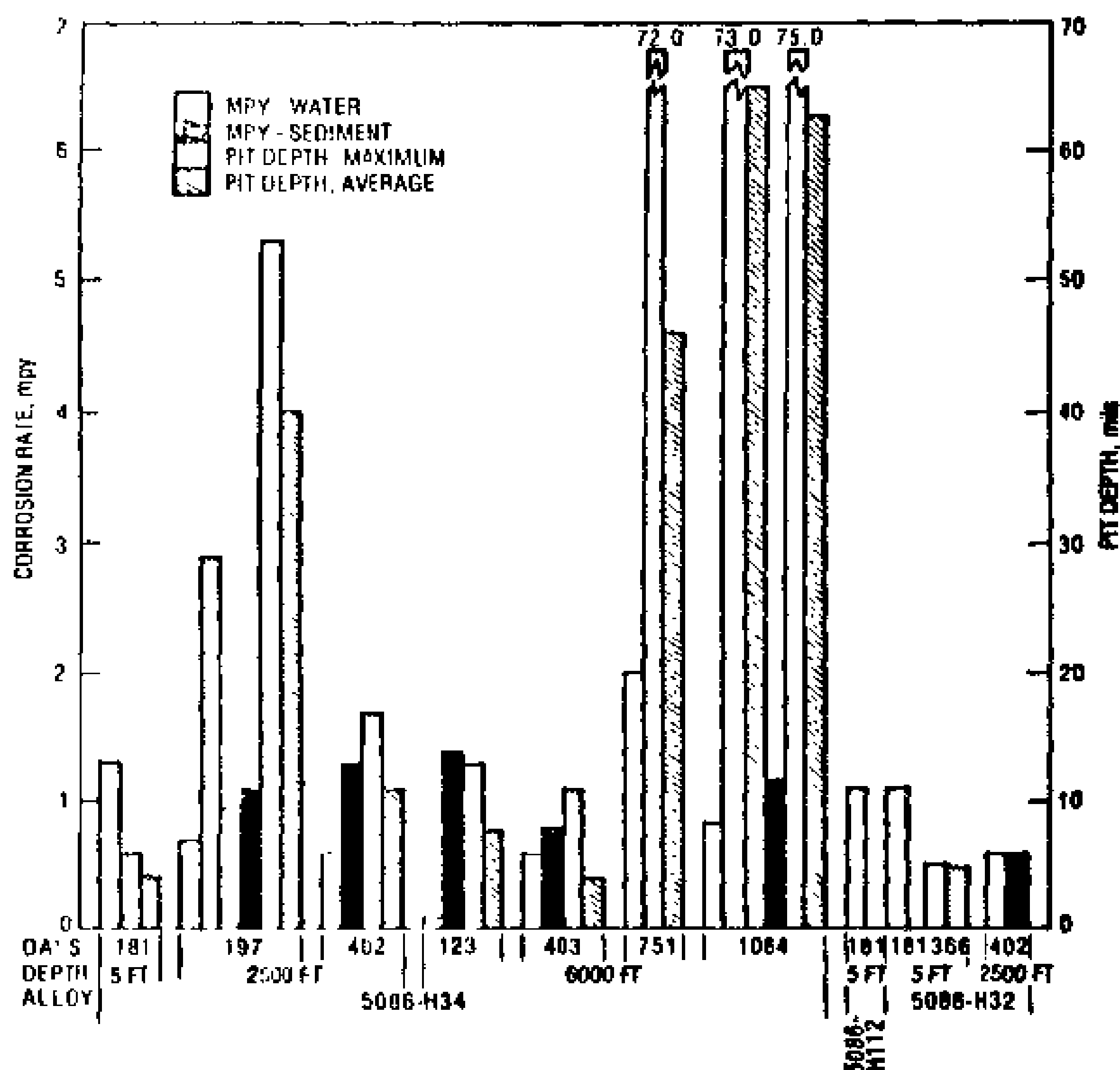
鋁合金在深海水中的腐蝕率較表面海水爲大，如圖三顯示，5086—H34於太平洋表面海水181天後最大孔蝕深度爲6×10⁻³ 吋，在

含氧量低之 2500 呎深的海水中經過 197 天後的最大孔蝕深度為 29×10^{-3} 吋。

Ailer (1968) 利用 5086-H112級鋁合金置於表面海水中，經過 1，2，5年後，測定的孔蝕各為 12，18，20×10^{-3} 吋。由於這種局部的腐蝕能減少合金的張力強度。

3. 不銹鋼的腐蝕

不銹鋼合金無論在深海、淺海中，均能忍受著裂蝕、孔蝕、應力腐蝕破裂等局部腐蝕。NCEL 取用 301,302,304,316,405,410 等不同級的



不銹鋼，在無陰極保護腐蝕的情況下證明此類均能長期的阻止海水腐蝕。但取用 17-7,17-4,14-8 等級的不銹鋼，則因應力腐蝕破裂形成磁化而產生孔蝕及裂蝕。

4. 鎳基合金的腐蝕

鎳基合金常用於深海的海洋工業，如Monel ，Inconel ，Hastalloy 。其中 Inconel 600 對於孔蝕及裂蝕的阻力小。Monels 400,402,406 及K－500 由於金屬離子使破裂地方產生磁化力強而形成裂蝕，Monal 402,406,K-500 一年後腐蝕的深度約為 50×10^{-3} 吋。而以 Inconel 625 及Hastalloy C 為鎳基合金中最能阻止腐蝕的金屬。

5. 銅基合金的腐蝕

銅，銅鎳合金，鑄銅合金，青銅等置於深海中，其腐蝕的情形與表面一樣，浸於海水一年以上的腐蝕平均小於 1mpy 。

6. 鈦合金的腐蝕

鈦及鈦合金在深海海水中有強的抗蝕性，而BV- 11Cr-3Al 的鈦合金則能產生應力腐蝕破裂， 7Al－2Cb－1Ta 及 6 Al－4V的合金則能產生裂蝕。但若以 6Al-2Cb-1Ta-1Mo的合金，則無應力腐蝕破裂的發生。

四、防蝕的方法

如何選擇金屬材料與防蝕方法，為海域工程設計與施工的主要考慮因素。金屬材料由於海水的溫度、鹽度、PH 值、含氧量、金屬本身的成份，及生物等來產生腐蝕，針對這些腐蝕原因，謀求防止腐蝕的手續，為延長材料生命的方法。

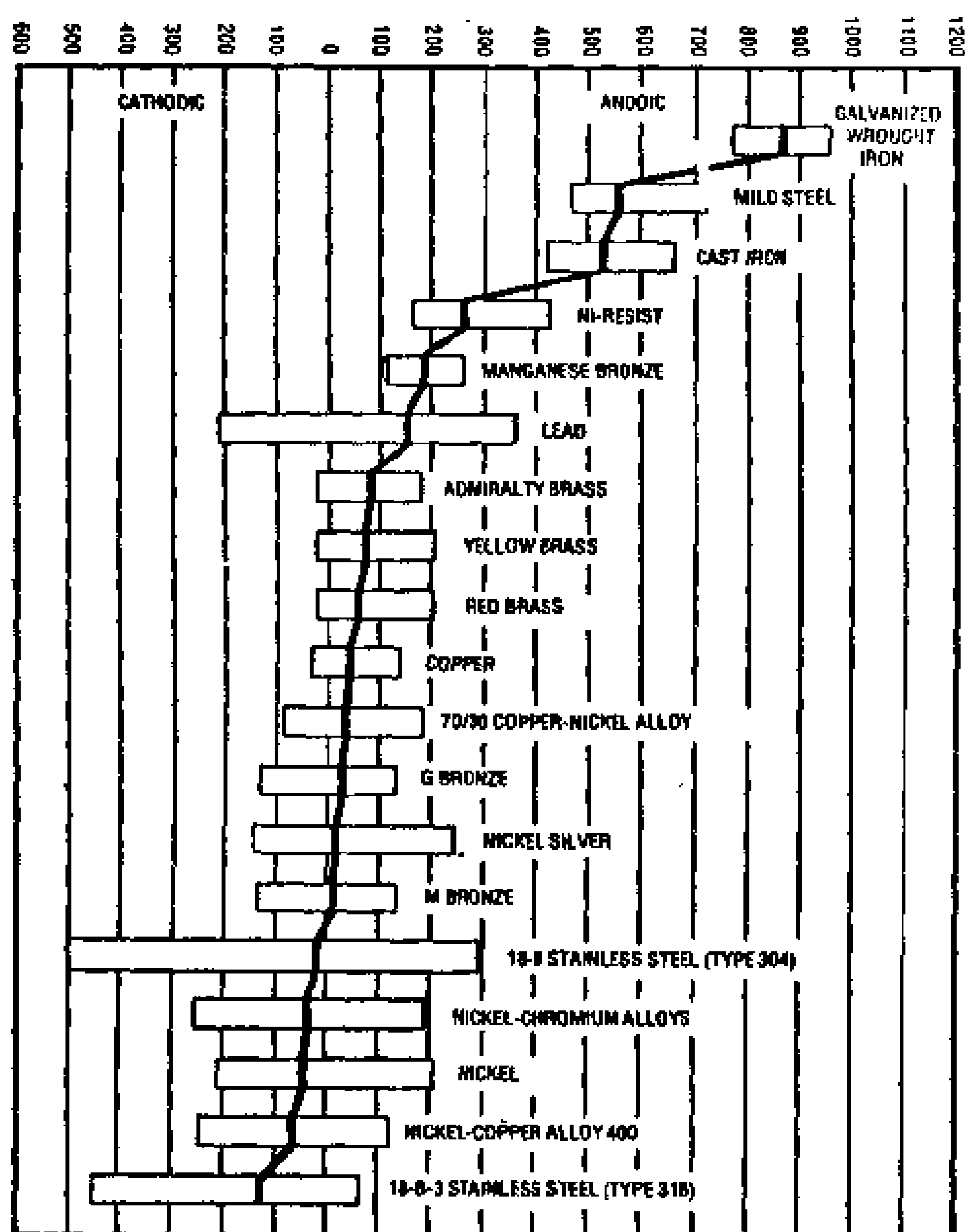
通常金屬電化腐蝕的發生都是由於兩金屬間的電位差所致，若兩金屬構成陰陽兩極間的電位差愈大，則腐蝕更加厲害，防止此種腐蝕最好的方法為降低電位差或隔離兩極使電流不能發生。

防蝕的基本方法：有塗膜隔離法及陰極防蝕法。此二種方法亦為長期防蝕的最佳方法。在海水中，若有兩種不同金屬相連接則能形成流電腐蝕，使陰極的物質得到陽極物質的保護。如圖四所示。Mg，Zn，Al， 能來

保護銅、鋼鐵、鎳、鈦合金。故Mg，Zn ，Al 能用來作爲陽極的材料，作爲損耗金屬。一般防止流電腐蝕的情形，則採用①選用一樣的材料，②隔離不一樣的金屬材料，③利用陰極防蝕法來保護材料。

㈠塗膜隔離法

在取用的金屬材料外層塗以防止氧氣侵入的薄膜，如此則可防止金屬因氧化而造成腐蝕，塗料有聚乙烯外覆塗料（ Vingl Coating），無機鋅



外覆塗料（ Inorganic Zinc Coating ），熱硬化性環氧樹脂（ Catalyzed Epoxy ），有機鋅底漆（ Organic Zinc Primer ）等塗料。在海域工程中，這些塗料的用法爲先用無機鋅外覆塗料或有機鋅底漆塗好後再塗以聚乙烯或環氧樹脂，若再修補時，則僅用有機鋅底漆，塗的厚度約爲 2.5 米爾（ 0.007 公分）。

(二)陰極防蝕法

由於鋼鐵具有陰極作用，則可利用鋅、鋁、鎂等金屬作爲犧牲的陽極與鋼鐵材料接觸，取代鋼鐵的腐蝕。又當這些犧牲材料在溶解過程中能產生碳酸鎂及碳酸鈣等鹼生物質覆於鋼鐵表面，不但可保護鋼鐵的氧化，亦可降低防蝕所需的電流。另外爲利用另一種金屬或電極置於海水中施於電流，使鋼鐵維持在陰極的狀態，如此而保護鋼鐵達防蝕的目的。陰極防蝕法中，由於能產生氫氣，長期使鋼鐵與氫氣作用，則使鋼鐵變脆，如此的特性對於海域工程人員亦必須瞭解。另外由於電解作用能使海水中鎂、鈣離子與OH^-作用而產生碳酸鈣或氫氧化鎂，附於鋼鐵表面增加電阻，降低防蝕所需的電流密度，亦爲陰極防蝕法的特性之一。

五、結論

海域工程材料由於長期浸泡於海水中。使金屬材料由於海水中所含的氧氣而氧化。PH 値改變而影響金屬，如使鋼鐵變脆。又因金屬在能導電的海水中，受引張力及生物影響都能產生腐蝕現象，故防止海域金屬材料的腐蝕，亦爲海域工程的重要工作。防蝕工作，若能妥善處理，則能增加金屬材料的壽命。

台灣的鹽業調查與建議

謝燦榮

一、前言

鹽為人類日常食品，亦為重要之工業原料，如碱氯、冷凍、肥皂、皮革、冶金、染料、塑膠、煉鋁、造紙、人纖、味精………等工業均需使用，其供應情形與整個化學工業之發展息息相關，因之世界各國為應其工業需要，均對鹽業的發展訂有長期計劃，以配合經濟建設，充實國力。

鹽之來源不外海水提取與鹽礦開採兩種，除少數地區擁有鹽礦外，多數國家均以海水製鹽。台灣為一海島，亦以海水製鹽，是我國主要產鹽區，鹽業經營，目前有台灣製鹽總廠與台碱公司自營的安順鹽場。

二、台灣鹽業的沿革

台灣鹽業肇始於西元 1665 年，即明鄭經治台時期，持續於清代，拓展於日據時期，而發揚光大於政府遷台以後。

台灣製鹽方法，最初為煎製，至明永曆 19 年，即清康熙四年（1665 年），鄭氏參軍陳永華之子佐鄭經治台，以煎鹽苦澀，及改煎為曬，就台南近郊之瀨口地方，修築坵埕，引海水為滷，曝曬成鹽，沿用至今。

台鹽自台灣光復後，大致可分為四個時期：民國 35 ～ 40 年的六年間，平均年產量 237,000 餘噸，機構變更頻仍，對於生產設備，只能擇要整修，使其恢復生產，是為「復舊時期」。民國 41 ～ 49 年間，各項設備逐漸加强，平均年產量達 351,000 餘噸，品質提高，業務轉虧為盈，鹽工生活改善，是為「整理時期」。民國 50 ～ 57年間，平均年產量增至 462,000 餘噸，較復舊時期增加 94.71 %，較整理時期增加 31.62 %，供應酸碱工業原料，促進相關工業發展，是為「改進時期」。民國 58 年起，為求充份供應食需與工業用鹽，乃從遠大策劃，創新求變，積極研究各種可行方法

，以提高品質，增加產量，並降低成本，改善員工福利，於是乃更新擴建現有鹽灘生產設備，開發海埔地闢建新鹽灘，並完成以離子交換膜法製塩廠的興建，同時，且成立訪問小組，經常從事調查訪問客戶意見及市場動態，以爲業務改進參考，是以自民國58 年以迄目前，稱之爲台鹽的「發展時期」。

三、台灣的鹽業機構

台灣的鹽業機構主要爲台灣製鹽總廠，其次是台灣碱業公司。台灣製鹽總廠位於台灣省台南市，隸屬於財政部，其現行組織系統與鹽場位置如表一與圖一所示。民國六十三年開曬面積有土盤 3011 公噸，瓦盤面積 1155 公頃，合計 4156 公頃。從民國 51 年以迄民國 63 年，年產量最高達是民國六十五年達六十萬餘公噸，最低是民國五十七年，只有廿八萬七千公噸，平均年產量是四十五萬餘公噸。台灣碱業公司有鹽場一處，面積五百公頃，均爲土盤，所產之鹽全供該公司自用，年產量最高爲民國六十年，達六萬六千餘公噸，最低是民國五十七年，僅二萬五千餘公噸，民國五十一年至六十三年的平均年產量是三萬九千餘公噸。

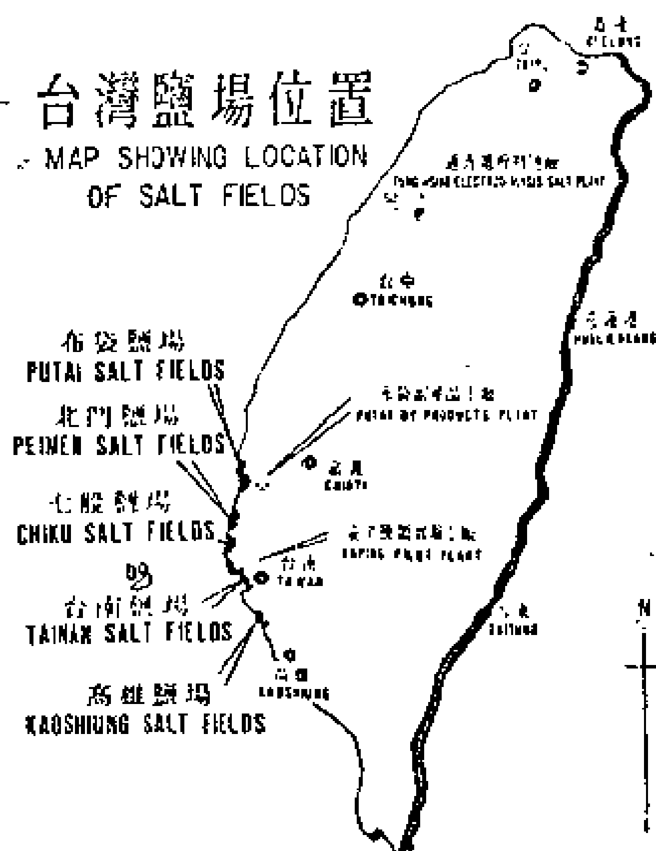
表一　臺灣製鹽總廠現行組織系統

- 財政部——臺灣製鹽總廠
  - 布袋鹽場
    - 場務所六所
    - 洗滌鹽工廠
  - 七股鹽場
    - 場務所四所
  - 北門鹽場
    - 場務所四所
    - 洗滌鹽工廠
  - 臺南鹽場
  - 高雄鹽場
    - 場務所二所
  - 通霄精鹽廠
  - 鹽類實驗研究所
  - 副產品工廠
  - 高雄運銷處
  - 新營運銷處
  - 隆田運銷處
  - 臺中運銷處
  - 台北辦事處
  - 新鹽灘開發工程處

四、台灣製鹽的現況

(1)日曬法製鹽

A．曬鹽設備



圖一 台灣鹽場位置

曬鹽設備除鹽灘外，可分兩大部份，其一是產製部份，可分甲、包括土堤與石護岸的「堤防」，乙、包括水門、暗渠、水橋、給排水溝、貯水池、電動機、柴油機、抽水機、電力路線、抽水機房等的「給排水設備」，以及丙、含推土機、曳引機、耕耘機等的「機械」，共三大項。其二是運儲部份，也可分三大項，即甲、包括機車軌道、台車軌道、鐵路橋樑、人道橋樑、公道橋樑等的「鐵道」，乙、含機車、貨車、台車等的「機貨車」，以及丙、其他部份，如鹽堆、車庫、油庫、竹筏、地磅、碼頭等。

鹽灘是鹽曬的基本設備，以「副」為單位，每副包括大蒸發池、小蒸發池與結晶池三部份，面積比為6：3：1。其建造類型又可分為「土盤」與「瓦盤」兩種：土盤的結晶池係就原有池土（含30％粘土和70％粉砂）輾平壓固，即可曬鹽，每副標準面積為50400平方公尺，約合五甲。瓦盤之結晶池係在池土上加砌厚約六公釐的破片，每副標準面積為12459平方公尺，約合一甲。

大蒸發池分為五段，小蒸發池分為三段，結晶池分為若干格。各池間以小堤分隔，俗稱「堤　仝」；瓦盤之結晶池則隔以木板或特製之磚，俗稱「格子板」。大小蒸發池間及結晶池間，設有輸滷溝、排水溝、儲滷池等

，以備輸送滷水，排洩淡水及貯存濃縮後之滷水與剩餘苦滷之用。蒸發池每段稱爲一坵，坵與坵尚微有高低，以便滷水自然流轉，稱為落差。土盤之蒸發池面積與結晶池面積之比爲 10:1.3 ；瓦盤鹽灘之蒸發池面積與結晶池面積之比爲10：1.4。由上述知，海水製鹽的費用至爲龐大，與一般人以爲不需任何費用者，出入頗大。

B．曬鹽過程：

天日法曬鹽經濟而有效，但受到氣候、土壤、地形、滷源等四因素之影響。因此必須有乾燥久晴高溫之天時，粘沙合度之池盤、廣大平坦之面積，高濃度海水，最忌者爲間歇性降雨及陰雨連綿，如在旺產季節時遇間歇性之降雨，則淡滷無法養成。若在大雨之後即有相當時日之久晴，則降雨量雖多而無大害。因此可知，鹽之產量恒與降雨量成反比，台灣地處亞熱帶，終年多雨，鹽場土質含沙量過多，滷水易於滲透，附近溪流交錯，海水濃度不高，所備先天條件並不優越。一般言之，隨着氣候之變化，每年可分三季。三月～五月爲旺季，亦名大汎季，產量最多，約佔全年總額 45 ％，六月～九月爲雨季，產量最少，約佔 10 ％，十月～翌年二月爲平季，亦名小汎季，約佔 45 ％，根據統計，每年曬鹽日數不過二百天左右。

本省鹽產由海水引進以至成鹽，土盤約需連晴 11 ～ 12 日，瓦盤約需 10 日，其生產過程，可分爲五段敍述：

(1)每日漲潮後約一小時，開放水門，引進海水，瓦盤鹽灘係直接注入給水路，土盤則先行注入貯水池，再用電力或柴油發動之抽水機送於給水路。

(2)開啓鹽灘暗渠之小閘板，將給水路海水引入大蒸發池第一坵，一般之標準深度爲三十公分，如在旺季可為六十公分。

(3)第二天，滷水濃度約為波美 3.5 度（註一）所含雜質大都沉澱，於是放入第二坵，其後即利用池底地勢落差，按級使滷水自然流轉以至第五坵，此時深度爲十五公分，濃度爲波美十三度左右，再用水車；風車或電力揚滷機揚入小蒸發池之第一坵。

(4)逐日曝曬，次第轉至第三坵，此時滷水濃度爲波美廿四～廿五度間。海水中所含石膏，至此已大部析出，沉至池底。若天氣良好，蒸

發旺盛，即將濃滷送入結晶池，若蒸發微弱或陰雨氣候，則送入儲滷池，待天晴再入結晶池續曬。

(5)注入結晶池後，在旺產季節，只要一天即可達波美廿六～廿七度，氯化鈉開始析出，結晶成鹽。如爲淡季，則要二～三天方可成鹽。波美廿八至廿九度間所產之鹽最多，品質最佳，超過三十度，則滷水已成苦滷，所含氯化鈉成份量少，鎂鹽與雜質成份反多，需另行收儲，以爲提製石膏，氫氧化鎂等副產品之原料。鹽開始結晶後，即陸續補充飽和新滷，注入水深不得少於十六公分，並應經常保持一定之水位。結晶池結成之鹽，如爲土盤，則用大小耙撈集成堆；瓦盤，則用「鹽收仔」耙，收成堆。均盛入鹽籠，再用滷潑洗，冲去鹽粒上粘附之雜質，然後挑存堆儲。海水晒鹽於是完成。

鹽之主要成份爲氯化鈉，所含雜質愈少，品質愈爲精純，愈能發揮其功效。目前除通宵精鹽廠所產精鹽外，台鹽之精製鹽乃以曬鹽爲原料，再行加工精製，因不受天氣影響，品質能保持一貫之標準，各種精鹽之產製方法如下：

(1)洗滌鹽：將曬鹽滾壓輾細，送洗鹽機用飽和滷水洗滌，使鹽與滷水混合，經過「粗洗」與「精洗」兩階段，除去雜質，洗鹽後之滷水，經澄清後可循環使用；若含鎂鈣等雜質較高，則調換新滷水。洗後之鹽，沉於桶底，經離心分離後，送庫儲存，約兩個月後瀝去水份，再行銷售，所含氯化鈉成分爲百分之九四至九六。

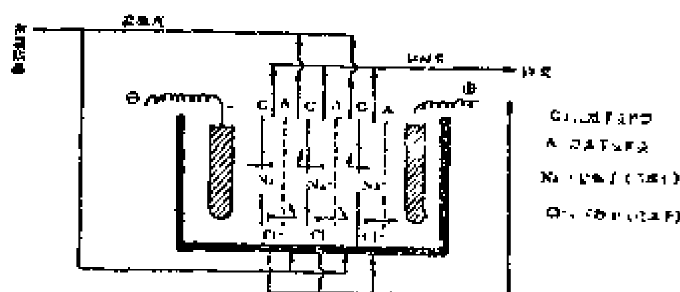
(2)再製鹽：將曬鹽溶爲飽和滷水，加少量硫酸鈉以沉澱鈣質並使滷水澄清，導入眞空蒸發罐使之結晶，再經離心分離、烘乾、粉碎、過篩等手續，即爲成鹽，所含之氯化鈉成份爲百分之九十八以上。

(3)特級精鹽（柏鹽）：曬鹽化滷後，經除鎂鈣，過濾澄清，加熱蒸發、離心脫水等程序，再經一次精洗，脫水乾燥後，粉碎碾細，並加抗潮劑，過篩即成晶瑩勻細具流動性之鹽粒，其所含氯化鈉成份可高達百分之九九．八。

(2)離子交換膜電析製鹽法

此法所依據之原理，乃利用兩種交互排列對陰陽離子透過有選擇性之

離子交換膜，兩端裝以電極，當引入海水通以直流電時，陽離子交換膜只讓陽離子通過，陰離子交換膜只讓陰離子通過，使海水所含氯化鈉成份在一室內增加，另一室內減少，濃縮之滷水導入蒸發罐蒸發成鹽。請參見圖二。



圖二 電析原理

此法之優點有五：

1. 品質優良，可達國際食鹽水準。
2. 產量穩定，不受天候影響。
3. 操作正常時每月產量平均，無淡旺季之分，產銷易於調節，兼可減少倉儲損耗。
4. 用地少，工力省，適合本省經濟發展條件
5. 其成本較現行之再製鹽爲低。

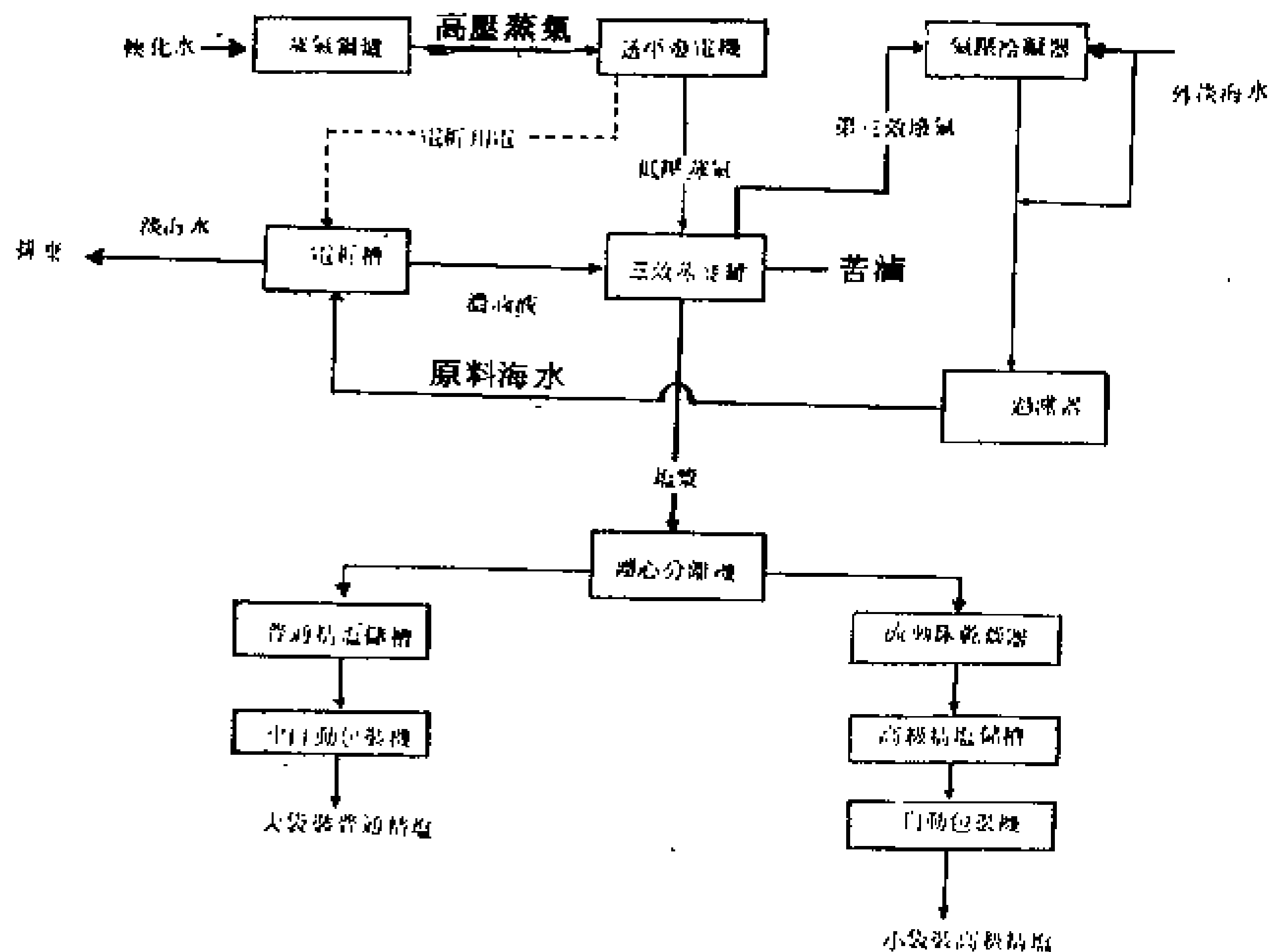
但目前之成本仍高，不能因應工業用途。

本省首座電析精鹽廠建於苗栗縣通宵鎭縱貫公路旁之海邊。六十一年底開工，機器設備多爲日製，並已於六十四年六月建廠完畢試車。並自同年八月十六日起正式供應市場需要，預計年產量爲十萬公噸，最高產量可達十四萬公噸。所產之塩，其氯化鈉含量達 99.5 %以上（乾基計算），專供食用，如是每年可省下曬鹽（原鹽）十三萬公噸，以轉供工業用途。

通宵精鹽廠係採用離子交換膜電析製鹽法，全套設備有鍋爐發電、海水引入處理、電析採滷、蒸發結晶、乾燥、包裝等部份。

整個精鹽之製造過程爲由離岸 1.5 公里之外海引入海水，先經由蒸發罐之氣壓冷凝器冷凝第三效之廢氣予以提升海水溫度再經過濾器濾清後，導入電析槽中進行離子交換電透析，所得之濃滷液在三效蒸發罐中濃縮結晶，利用離心分離機分離鹽漿中之水份，即得普通精鹽，其中約五分之一裝成廿五公斤裝普通精鹽，供應食品加工業利用，其餘五分之四再經流動床乾燥器充分乾燥後，以半公斤裝高級精鹽供應全國軍民食需。圖三即爲

圖三 電析精鹽製造流程



電析精鹽之製造流程圖。

五、副產品之提製

曬鹽過程聯產之副產品為粗石膏及苦滷，粗石膏係曬鹽過程中產生，當滷水濃度達波美十四至廿一度時析出最多，沉澱於小蒸發池內，由鹽工適時收集，經漂洗即可銷售。苦滷係結晶池內曬鹽殘餘之母液，濃度為波美廿九．五度以上，由鹽場收集後運至鹽類實驗所及副產品工廠，分別提製精石膏、氫氧化鎂、氧化鎂、芒硝等產品。其提製程序如表二及圖四所示（註二）。

由於電析法製鹽中所製之滷水，與一般鹽灘滷水不同，因此利用此種苦滷製造各種化學品之方法自亦隨之而異。離子交換膜電析製鹽法雖為日本旭化成公司所首創，然迄今尚無利用此種苦滷製造副產品之工廠的設立，當然亦無此方面資料可資參考。我國欲在此方面發展，須自行研究，另闢途徑。目前台鹽總廠已計劃利用通霄電析精鹽之苦滷及廢海水，增產氧化鎂，新產溴化鈉、燒石膏、氯化鉀等供中化DMT及陶磁業使用。

表　二

1.芒硝提製程序：

苦滷→冷凍→$\underset{\substack{\downarrow\\ \text{冷凍苦滷}}}{\text{過濾}}$→粗芒硝→洗滌→分離→結晶芒硝→加熱脫水→洗滌

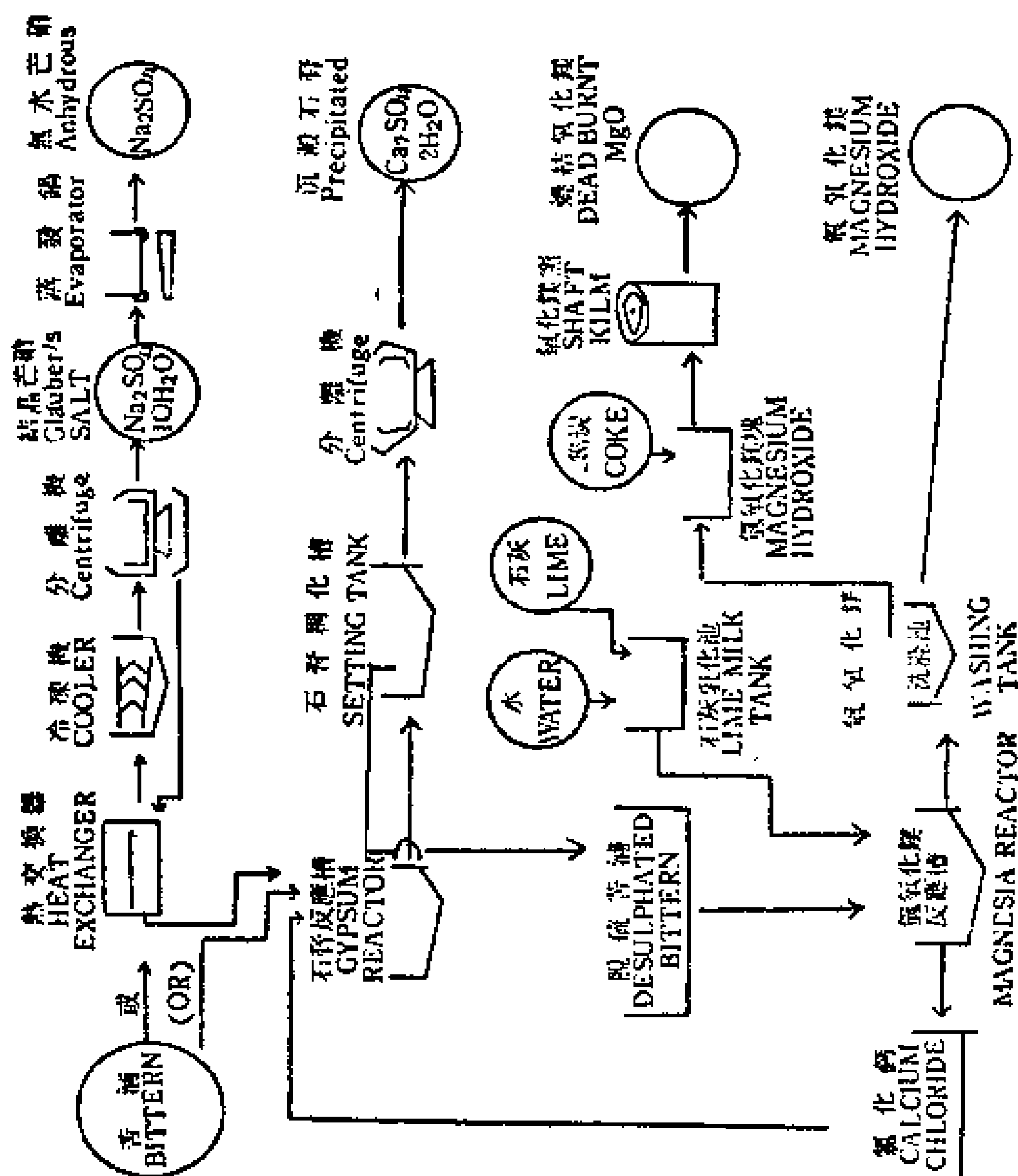
→分離→烘乾→過篩→乾芒硝

2.石膏、氫氧化鎂、氧化鎂提製程序：

苦滷或冷凍苦滷 ＋ 氯化鈣液 →反應脫硫→石膏漿→洗滌→分離→精石膏

脫硫苦滷（↑氯化鈣液）＋ 石灰乳 →氫氧化鎂漿→洗滌→過濾→氫氧化鎂

→乾燥煅燒→氧化鎂



圖四 副產品工廠操作程序圖

FLOW SHEET OF BY-PRODUCT PLANT

六、產銷與供需狀況

本省曬鹽之先天條件並不優越，天候的影響，更是使得產品品質、產量無法有效掌握，以致年產量最高達六十萬餘噸，最低只有廿八萬七千餘噸，相差至為懸殊。

㈠產品種類

A、鹽產品：本省目前塩產品計有六種，其種類，成份，產狀，用途，如表三所示。

B、副產品：本省鹽副產品共有九種，其種類，產狀，成份，用途，如表四所示。

㈡供需狀況

在國內工業未發達以前，台灣每年內銷剩餘的鹽均設法外銷日本、韓國、琉球、菲律賓、香港、澳洲、婆羅洲、查德、星馬地區等地。近年由於人口增加，農工漁業發展迅速，耗鹽量激增，以致自五十七年起，由一鹽產輸出國一變而為鹽產輸入國，至民國六十三年，工業用鹽進口量已達三十六萬六千餘公噸，預計往後將續增，表五即為民國五十一年至六十三年的鹽類供需統計。預計至民國六十七年，國內鹽類需要量約為 1184000 公噸，而台鹽供應量將達 1190000 公噸。又對副產品的供需估計是民國六十六年需精石膏 250000 公噸，燒石膏 3000 公噸，85％氧化鎂7000 公噸，90％氧化鎂 5000 公噸，氫氧化鎂 5500 公噸，乾芒硝 30000 公噸，結晶芒硝 4000 公噸。而國內供應量為精石膏 120000 公噸，燒石膏 1000 公噸，85％氧化鎂 2000 公噸，90％氧化鎂仍無生產，氫氧化鎂 2000 公噸，乾芒硝 30000公噸，結晶芒硝 4000 公噸。

表 三

品名	產狀	成份	(%)	用途
1.原鹽 (註三)	粒狀	氯化鈉 雜質 水份	＞90 ＜3 ＜7	農工漁業用，亦有作食用
2.洗滌鹽	碾碎之細粒	氯化鈉(乾基計算) 雜質(乾基計算) 水份 碘酸鉀(專為食用)	＞97 ＜3 ＜5 33PPM	食用，工業漁業用
3.再製鹽	細粒結晶狀	氯化鈉(乾基計算) 雜質(乾基計算) 水份 碘酸鉀(專為食用)	＞98 ＜2 ＜1 33PPM	食用
4.特級精鹽 (枱鹽)	細粒結晶狀	氯化鈉 流動劑炭酸鎂 雜質	＞99.8 ＜1 ＜1	烹飪及餐桌上調味用，醫藥用
5.高級精鹽	細粒結晶狀	氯化鈉(乾基計算) 水份	＞99.5 ＜0.5	食用
6.普通精鹽	細粒結晶狀	氯化鈉(乾基計算) 水份	＞99.5 ＜3	食用及工業用

表　四：

品名	產狀	成份	（%）	用途
1.粗石膏 （鹽灘生產）	灰色片狀	二水硫酸鈣 酸不溶物 氯化鈉 水份	75—85 5—10 < 2 < 10	製水泥及粉筆用
2.精石膏 （化學沉澱） ※（註四）	白色粉狀	二水硫酸鈣（乾基計算） 酸不溶物（乾基計算） 雜質 水份	> 96 < 0.5 < 3.5 < 100	水泥工業用，製造豆腐之凝結劑
3.高級氫氧化鎂 ※（註五）	白色泥狀	氫氧化鎂（乾基計算） 氧化鈣 水份	> 95 < 2 < 5.8	燃料油填加劑、碳酸鎂、硫酸鎂、造紙、耐火氧化鎂、碱性耐火材料等之製造用。
4.乾芒硝	白色細粒結晶	硫酸鈉（乾基計算） 氯化鈉 水份 三氧化二鐵	> 99 < 0.5 < 1.0 < 0.04	玻璃工業用，牛皮紙製造用、印染工業媒染劑用。
5.氧化鎂	褐色塊狀	氧化鎂 氧化鐵鋁 氧化鈣 酸不溶物	> 85 < 4.5 < 7 < 5	煉鋼爐底襯墊用碱性耐火磚原料
6.結晶芒硝	無色細粒結晶	十水硫酸鈉（乾基計算） 水份	> 95 < 5	印染工業媒染劑，清潔劑之摻用原料。
7.固體氯化鎂	淡黃色塊狀	六水氯化鎂 雜質	> 95 < 5	鋼爐舖砌爐底襯墊之粘合劑
8.硫酸鎂	白色塊狀或細粒結晶	七水硫酸鎂	> 96	皮革、製藥及磷硝肥料等工業用。
9.氯化鉀	白色立方結晶	氯化鉀	> 70	農田肥料及製氯酸鉀、苛性鉀、碳酸鉀等原料。

表　五：近年鹽類供需統計　　單位：公噸

年　別	供應量				需要量					
	臺　鹽	臺　鹼	國外進口	合　計	本省			省外	外　銷	合　計
					食　鹽	農工業鹽	漁　鹽			
五十一年	543,650	42,426	△	586,076	86,419	135,108	6,744	400	235,228	463,899
五十二年	564,025	56,064	△	620,089	88,430	133,726	8,443	856	284,835	516,290
五十三年	550,243	52,959	△	603,202	92,720	166,124	9,638	630	413,510	682,622
五十四年	507,499	50,402	△	557,901	96,769	186,606	6,662	920	298,224	589,181
五十五年	374,317	38,679	△	412,996	101,757	236,815	7,694	571	138,568	485,405
五十六年	478,387	35,951	△	514,338	111,922	279,675	5,576	574	16,850	414,597
五十七年	286,936	25,539	31,806	344,281	116,946	302,489	6,604	744	10,928	437,711
五十八年	358,552	27,442	167,194	543,188	111,153	337,931	4,371	936	8,503	462,894
五十九年	495,073	37,781	77,253	610,107	119,456	384,926	7,838	676	7,800	520,696
六 十 年	603,371	54,869	△	658,240	124,922	417,402	7,015	671	9,850	559,360
六十一年	406,772	32,907	46,290	485,969	127,485	434,757	7,167	637	14,673	584,719
六十二年	335,500	30,140	268,300	653,940	141,857	467,432	8,796	560	2,500	621,145
六十三年	339,963	31,417	366,487	737,868	157,607	510,983	9,673		400	678,663

註：(1)各年需量不足之數由前年庫存撥補。

(2)食鹽部份未加三成損耗折計為曬鹽。

七、討論與建議

台鹽自民國四十二年以來，其進步是有目共睹的，然由於天然條件限制，有很多地方，仍須待國人去努力解決。玆謹將學者專家的高見彙爲如下數點略述之：

1. 鹽灘結構：台灣之鹽灘除「集中式」與「土盤分副式」結構尙稱整齊外，瓦盤大都面積狹小，構造凌亂，以致曬鹽成本高而鹽工收入低。如鹽工承曬面積能由目前的土盤 3.2 公頃，瓦盤 1.1 公頃，參酌各項條件與社會環境，局部擴充爲三～五甲，則可使產量增加，成本降低，鹽工收入提高，生活改善。
2. 工力配合：曬鹽需大批人力，近年工商業的快速成長，鄉村勞力向都市及工廠集中，形成鹽灘曬鹽缺乏勞工現象，爲求勞力之有效配合與提高生產量，除繼續擴大電力揚滷範圍與推行小堆直放計劃外，並應速謀推廣輕便機械收鹽。
3. 鹽質改進：由於鹽廠規模日大，使用電流日趨加大，鹽質好壞影響生產至鉅，目前由於承曬鹽工以薄曬搶曬，爭取較多工資之故，致省產晒鹽含鎂鈣較進口外鹽略高。雖然延長蒸發過程時間及增加結晶池深度之厚曬法，可獲較好品質之鹽，但本省地處亞熱帶，終年多雨，且時有間歇性之陣雨，本法不宜採用，只能於良好天候下，採取有限度之累曬。
4. 滷源供應問題：滷水爲鹽產根源，必須充沛，始克期望增產。現有鹽灘，於旺產季節常感缺乏濃滷，如能增關養滷池及加强保滷設備，則可望解決此一問題。
5. 資本結構：曬鹽需大批人工與定期維護現有設施，固定費用支付甚大，近因曬鹽量歉理想，收入減少，加上台鹽資本結構欠佳，難以繼續投資擴建鹽灘，添加設備。爲改善其資本結構，期使台鹽長期發展，足供國內需求，似可考慮提高不敷成本之食鹽售價，使其獲得合理利潤，强化財政基礎，或由政府適度補貼及減免鹽稅，以使其適時更新設備，提高鹽產量，改良品質。

6. 對不堪使用之鹽灘，似可考慮予以廢棄，改作其他用途，但在油價日漲，運費日昂的今天，對某些雖不合經濟原則，却勉强可用之塩灘，則不可輕易廢棄，宜研究經濟可行辦法以謀補救改進。
7. 改善給排水系統，充裕供應水源，增進揚滷盤滷效能，推廣流動濃縮，以爭取產製時效。減輕氣候壓力。
8. 提高食鹽品質，並深入研究產製各種特殊用塩，如加入維他命C的雪白洋菇用鹽，化學纖維、醫藥、甚至飼畜等用塩，以推廣業務。
9. 加速開發海埔地新鹽灘，並妥為規劃研究，以期提高投資效益。
10. 加强研究，以利用通宵製鹽廠所產滷水，生產副產品，供應國內工業界需要。
11. 與國內學術研究機構密切合作，並引進國外技術，以擴大研究海水有關問題，擴展海水工業，俾以所獲盈利，補助塩業之發展。

八、結　論

鹽，已不再單純是五味之首的調味品，而是化學工業的重要原料了。我國由於工業之迅速發展，由塩之輸出國轉為輸入國。今後由於台塑公司年產廿四萬公噸之氯乙烯工廠的開工生產及各項工業的需求，台鹽供給量更不足應付，勢非積極擴充現有設備，增加生產，並進一步發展海水化學工業，增進海洋資源。

註　釋

一、波美（Baume）—即波美比重，製鹽工業用來量度滷水之單位，通常以Be′表示之。其與普通比重（Sp.gr.）之關係如下：

$$d = \frac{144.3}{144.3-n}$$

d：15°C時之普通比重（15°C / 4°C）

n：波美比重。

二、副產品工廠操作程序圖中之燒結氧化鎂即氧化鎂。

三、原鹽分一等鹽與二等鹽兩種，前者含氯化鈉百分之九十二以上，後者則為百分之八十八以上。

四、精石膏分粗粒精石膏與細粒精石膏兩種，成份完全相同，前者顆粒較

粗，水泥工業用；後者較細，製豆腐用。

五、氫氧化鎂又名苦土，就產狀分可為狀塊苦土、粉碎苦土、粒狀苦土等三種。就成份分則可有四種：

1. 高級氫氧化鎂，含$Mg(OH)_2$＞95％(乾基計算)，CaO＜2％(乾基計算)，水份＜5.8％。
2. 一號氫氧化鎂，含$Mg(OH)_2$＞85％(乾基計算)，CaO＜4.8％，H_2O＜50％。
3. 二號氫氧化鎂，含MgO＞50％，H_2O＜20％。
4. 三號氫氧化鎂，含MgO＞50％，H_2O＜35％。

參考資料

1. 工業簡訊，經濟部工業局發行，六十四年五月出版，第五卷第五期，第16至23頁。
2. 台銀季刊，台灣銀行經濟研究室編印，台灣銀行發行，六十四年六月出版，第廿六卷第二期第206頁至239頁。
3. 海洋礦產資源，靳叔彥編著，六十一年十一月出版，中國石油學會發行。
4. 台鹽剪影，台灣製鹽總廠印行。
5. 洪楚璋教授海洋化學筆記
6. 鹿港鹽田改為農田之商榷，朱復慶先生畢業論文，民國四十一年五月，(未發表)
7. 鹽業資料彙編第一集，劉檣、張耀如、侯元放譯述，黃銘彝編纂，中國鹽業有限公司發行，民國三十七年十一月出版。

台灣沿岸潮汐之調和分析及預報研究

殷富

一、前　　言

本文就臺灣沿岸十個驗潮站實測記錄，用CDC-3150電子計算機，作調和分析及預報。

臺灣沿岸之潮型（Tidal Type），在基隆、澎湖、布袋、高雄、國聖和花蓮等地爲混合潮型，而海豐島淡水、臺中、後龍等地爲半日周潮型。其平均大潮差（range of spring tide）以臺中爲最大有459.1厘米，最小爲高雄有40.7厘米，平均小潮差，（range of Neap tide）最大爲臺中約252厘米，最小爲高雄有17.8厘米。平均潮差最大爲臺中有342.6厘米，而高雄僅有29.4厘米而已。平均高潮間隙，（mean high water internal）在花蓮是6.2小時，在後龍却有11.58小時之多，（各驗潮站之相關位置如Fig.3）。

二、介　　紹

潮汐（Tides）乃由天體相對運動之吸引力之結果，最主要的及一般被人所考慮的乃是日、月、地球三者而已。

達爾文，（Darwin） 多遜，（Doodsen）開爾文（Kelvin）等學者，已在假設地球表面全部爲等深海水所覆蓋下，海底無凹凸，海水無粘滯性（Viscosity） 之條件下，將日、月對地球之不規則相對運動所引起之位勢（Potential），以泰氏級數（Taylor's series expansion）展開法展開出無數項，每一項可視爲一個假想天體所引起之位勢，並設法求出數十個較重要的假想天體之角速度。此即一般所稱之調和分析分潮角速度，

並求出在各時間之此假想天體對格林威治子午線之相位角。此即爲平衡潮學說。依照此學說，當日、月引力同時作用時，所發生的高低潮差只不過78厘米而已，與實際不合。

實際上，地球表面是有陸地、島嶼、海峽等將海洋分隔成一種不規則形狀，海水深淺亦不一致，海水的摩擦亦不可不考慮，故無法直接利用平衡理論來預報潮汐，而需以某地之實際觀測記錄，應用調和法，或非調和法，分析出該地的常數而後預報之。本報告所討論或分析之結果均採用調和分析法。

三、方　　法

調和分析法（Harmonic Analysis）爲將潮汐認爲係由無限個假想天體所組成，而此分潮之角度係由日、月、地球之運轉相對關係而分成，日分潮，半日分潮等，而分潮經過海底地形之淺化（shoaling）後，又可合成倍潮（Overtides），複合潮（Compound tides）及部份氣象因子所組成之分潮等。運用下式，

$$H_t = H_o + \sum_{i=1}^{p} f_i H_i \mathrm{Cos}[(V+u)_i + \omega_i t - K_i] \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

上式之：　H_t = 在 t 時之潮高

H_o = 平均水位

H_i = 第 i 個分潮之振幅

ω_i = 第 i 個分潮之角速度

t = 時間（此處以小時爲單位）

K_i = 第 i 個分潮之遲角（lag angle）

f_i，$(V+u)_i$ = 第 i 個分潮之天文時角

在(1)式中之 $\omega_i, f_i, (V+u)_i$，$(i=1, 2\cdots\cdots\cdots P)$ 均可由天文曆中查出，可視爲常數，故吾人只需求出 H_o, H_i 及 K_i $(i=1, 2\cdots\cdots\cdots P)$ 即可得出任何時間 t 之潮高 (H_t)。

將(1)式整理得

$$H_t = H_o + \sum_{i=1}^{p} A_i \mathrm{Cos}\,\omega_i t + \sum_{i=1}^{p} B_i \mathrm{Sin}\,\omega_i t \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

此處 $A_i = f_i \cos[(V+u)_i - K_i]$ $B_i = f_i \sin[(V+u)_i - K_i]$

$(i = 1, 2 \cdots\cdots\cdots P)$

令 μ 為用公式計算之潮位（H_t）與實際觀測之潮位之〔$Y_{(t)}$〕之差，觀測潮高之時間是取由 $-n$ 時到 n 時為止。

依最小二乘方定義（least square method）

$$\sum_{t=-n}^{p} [Y_{(t)} - H_o - \sum_{i=1}^{p} A_i \cos\omega_i t - \sum_{i=1}^{N} B_i \sin\omega_i t)]^2 = \mu^2 \cdots\cdots\cdots(3)$$

要使 μ 得到最小值，則

$$\frac{\partial\mu^2}{\partial H_o} = 0, \frac{\partial\mu^2}{\partial A_s} = 0, \frac{\partial\mu^2}{\partial B_3} = 0, \quad S = 1.2.3\cdots\cdots P\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

即 $\sum_{t=-n}^{n} [Y_{(t)} - H_o + \sum_{i=1}^{-P} Aicoswit + \sum_{i=1}^{P} B_i \sin\omega_i t] = 0 \cdots\cdots\cdots\cdots(5)$

$$\sum_{t=-n}^{n} [Y_{(t)}\cos\omega_s t - Ho\cos\omega_i t + \cos\omega_s t \sum_{i=1}^{P} A_i \cos\omega_i t +$$

$$\cos\omega_s t \sum_{i=1}^{P} B_i \cos\omega_i t] = 0 \cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

和 $\sum_{t=-n}^{n} [Y_{(t)}\sin\omega_s t - H_o \sin\omega_s t + \sin\omega_s t \sum_{i=1}^{P} A_i \cos\omega_i t +$

$$\sin\omega_s t \sum_{i=1}^{P} B_i \cos\omega_i t] = 0 \cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

$(S = 1, 2, 3\cdots\cdots\cdots P)$

在 (5)，(6)，(7)式中，由於 $\sum_{t=-n}^{n} \sin\omega_s t$ 為對稱函數（even function）

$$\sum_{t=-n}^{n} \sin\omega_s t = 0$$

又 $\sum_{t=-n}^{n} \cos\omega_s t = \sum_{t=-n}^{n} \frac{\sin\frac{1}{2}\omega_s \cos\omega_s t}{\sin\frac{1}{2}\omega_s} = \frac{\sin(n+\frac{1}{2})\omega_s}{\sin\frac{1}{2}\omega_s}$ 故(5)，(6)，(7)式

又可化簡為 $H_o N + \sum_{i=1}^{P} A_i \bar{S}(\omega_i) = \sum_{t=-n}^{n} Y(t) \cdots\cdots\cdots\cdots(8)$

及 $S = 1.2\cdots\cdots\cdots P$

$$H_0\overline{S}(\omega_s)+\frac{1}{2}A_i f_{is}=\sum_{t=-n}^{n}Y(t)\ \mathrm{Cos}\ \omega_s t \cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

$$\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{P}B_i G_{is}=\sum_{t=-n}^{n}Y(t)\ \mathrm{Sin}\ \omega_{st} \cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

(8)，(9)，(10)式中之

$$N=2n+1 \qquad \overline{S}(x)=\frac{\mathrm{Sin}(2n+1)X/2}{\mathrm{Sin}\frac{X}{2}}$$

$$f_{rs}=\overline{S}(W_r-W_s)+\overline{S}(W_r+W_s)$$
$$G_{rs}=\overline{S}(W_r-W_s)-\overline{S}(W_r-W_s)$$

(8)，(9)，(10)式中有（2P＋1）個未知數，亦即有（2P＋1）個線性方程式，故可用矩陣解線性方程式之方法解出其H_0，A_i，及B_i（$i=1.2\cdots\cdots\cdots P$），再代入(1)，(2)式即可求得所需預報任何時間之潮高。

四、結果與討論

著者用臺灣沿海十個驗潮站，所讀取之資料，應用上法以C.D.C.3150電子計算機分析並預報其結果。其結果如表一，

表 一

站 名	平均大潮差（厘米）	平均小潮差（厘米）	平均潮差（厘米）	高潮間隙（小時）	潮 型
基 隆	51.54	32.1	41.6	10.01	混合潮
淡 水	235.48	133.8	184.6	11.41	半日周潮
後 龍*	426.1	226.0	326.0	11.58	半日周潮
臺 中	459.1	252.0	354.1	11.32	半日周潮
海豐島	276.0	160.0	218.0	11.50	半日周潮
澎 湖	225.46	132.94	179.2	11.57	混合潮
布 袋	149.1	93.46	121.0	10.96	混合潮
國 聖	88.4	60.8	74.6	10.87	混合潮
高 雄	40.77	17.8	29.5	7.6	混合潮
花 蓮*	128.42	54.26	91.3	6.2	混合潮

* 爲觀測記錄資料少於一年者

** 潮型（Tidal Type）採用下式

$$\frac{K_1+O_1}{M_2}<0.5\text{ 半日周潮型}$$

$$0.5<\frac{K_1+O_1}{M_2}<2.0\text{ 混合潮型} \cdots\cdots\cdots\cdots (11)$$

** 站名相關位置如Fig[3]

$$\frac{K_1+O_1}{M_2}>2.0\text{ 日週潮型}$$

平均高潮間隙爲由太陰中天至發生高潮（high tides）之時間平均値，由表一可淸楚了解此十站之最大平均大潮差爲臺中 459.1 厘米，最小爲高雄 40.77 厘米。平均小潮差最大爲臺中 252 厘米，最小是高雄僅17.8厘米。除臺灣西海岸中部之淡水、後龍、臺中和海豐島爲半日周潮型，其餘基隆、澎湖、花蓮、布袋、國聖、高雄等均爲混合潮型，各種潮型如 Fig 1—a 及 Fig1—b 所示。平均潮差以臺中爲最大有 326 厘米，高雄最小僅29.5厘米由平均高潮間隙可知在太陰中天發生後，在臺灣東海岸中部某地首先生高潮。此後逐漸向南北兩方向移動經 6.2 小時後花蓮發生高潮，7.6小時在高雄生高潮，11.5 小時在後龍生高潮，約在12小時在海口生高潮，約12.8小時後在臺灣海峽某處生高潮，最後又開始另一次太陰中天。及另一次發生高潮位置的循環。

由高潮間隙同樣地可推知臺灣附近之潮流（Tidal Current）狀況。

五、結　　論

由於實驗觀測的潮汐除受天文的因子影響外，尙有受氣壓、風力、海水密度、海流之改變而有所影響，此類因子之變化，因不穩定，無法用調和分析法分出，由於經費之缺乏，無法對觀測儀器，資料作合理的校正，及由電子計算機之容量有限，無法分出更多之分潮，基於上述理由，觀測値甚難與預測値重合，如 Fig 2 即爲臺中港之觀測値與預測値之比較。

參考文獻

一、CARTWRIGHT, D. E., and D. B. CATTON (1963): On the Fourier Analysis of Tidal Observations, "Int. Hydrogr. Rev.," 40(1), pp113-125

二、FRANCO, A. B. (1968): The Munk-Cartwright Method for Tidal Prediction and Analysis, "Int. Hydrogr Rev"., 45(1), pp155-165。

三、Schureman, P. (1941): Manual of harmonic Analysis and Prediction of tides. U. S. Coast and Geodetic Survey, Washington, D. C. Sp. Pub., No98

四、Miyazaki M. and T. Ueno (1960): Tidal Analysis and prediction by using the Electronic Computer. The Oceangr. Magazine Vol. 12, No1.

Study of Tidal Harmonic Analysis and Predicting Around Taiwan Coasts

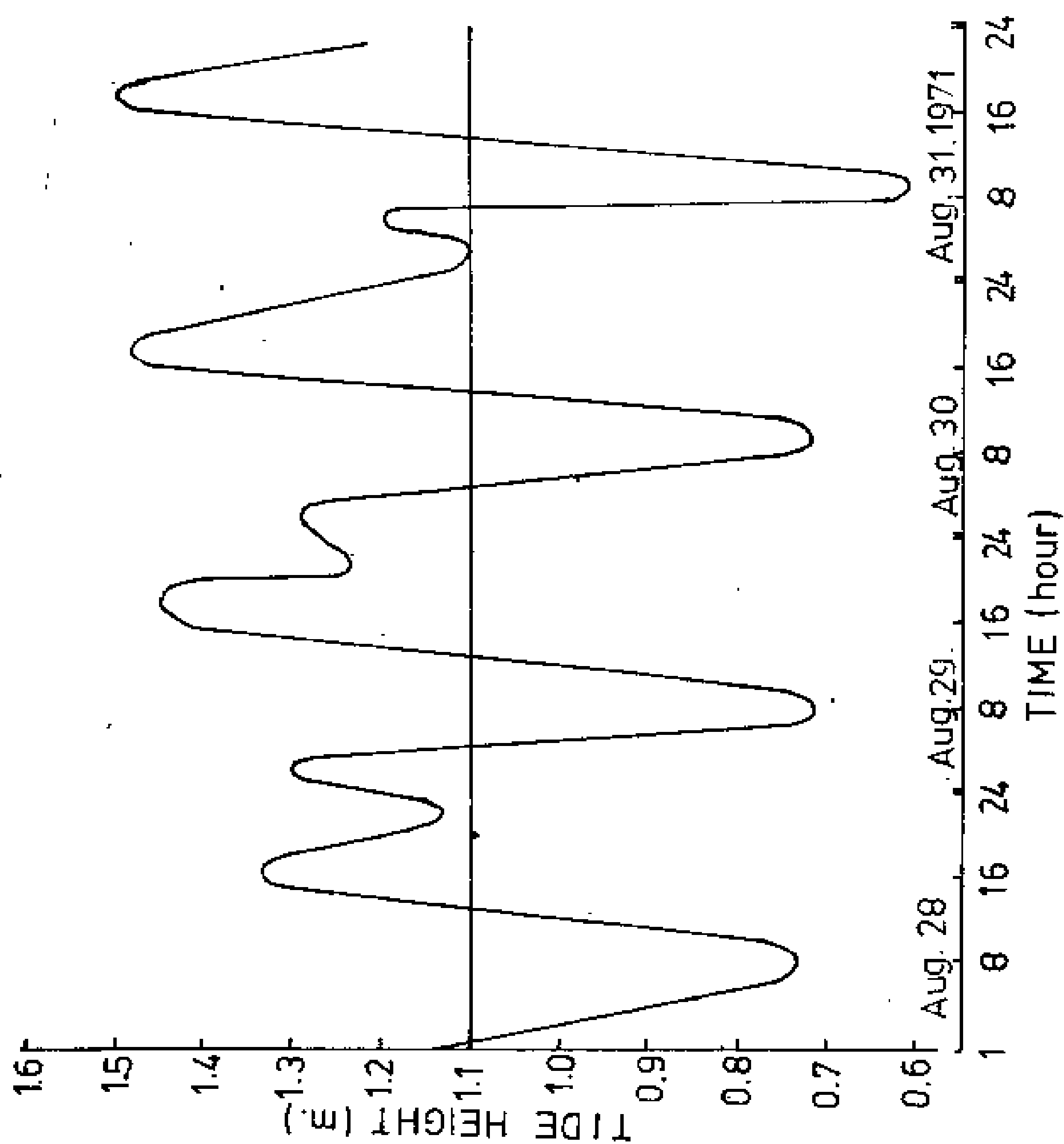


Fig 1—a The example of mixing—Tide Type Recorder at Keelung

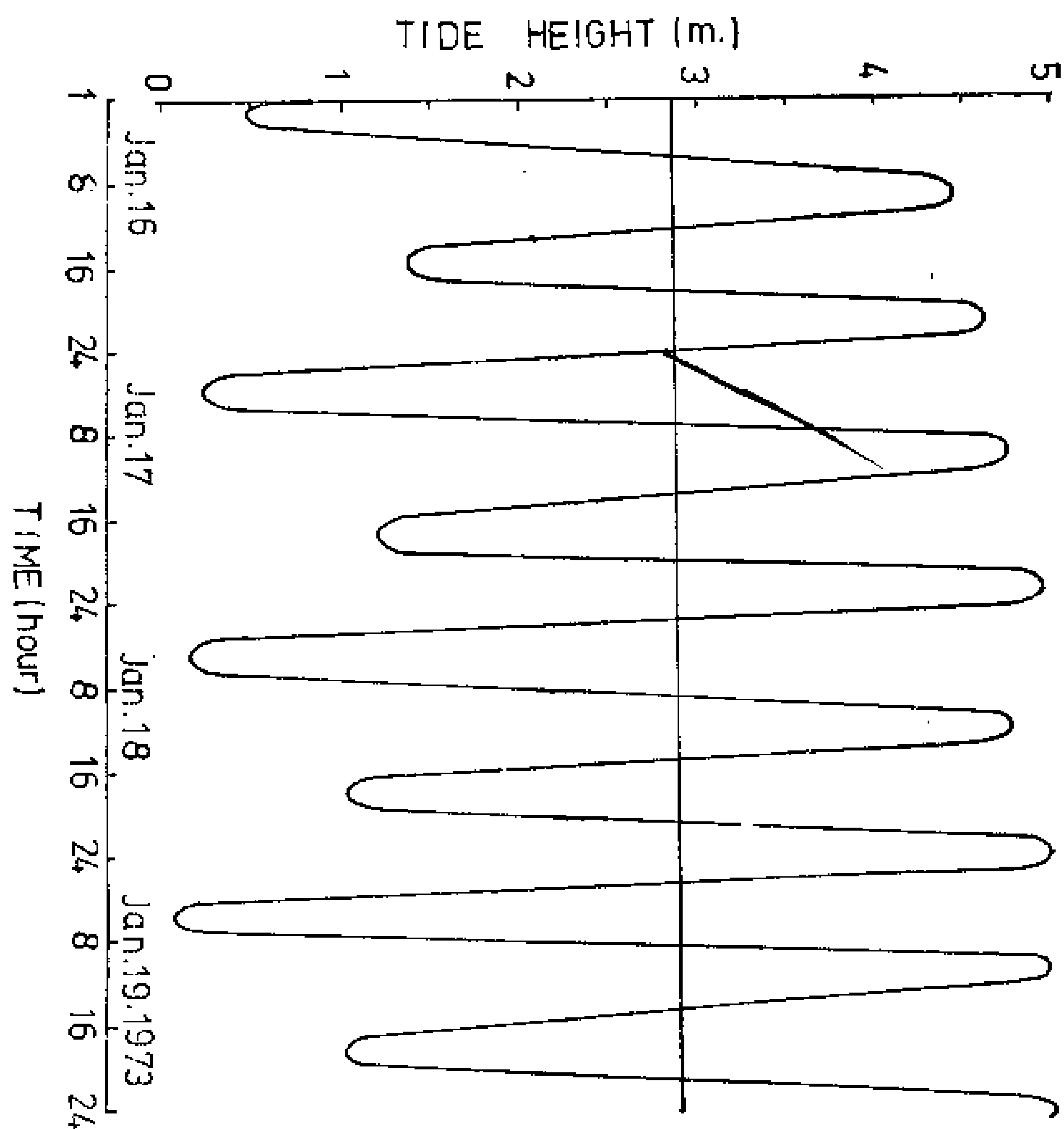


Fig 1—b The example of Semidiuynal—Tide Type Recorder at Taichung

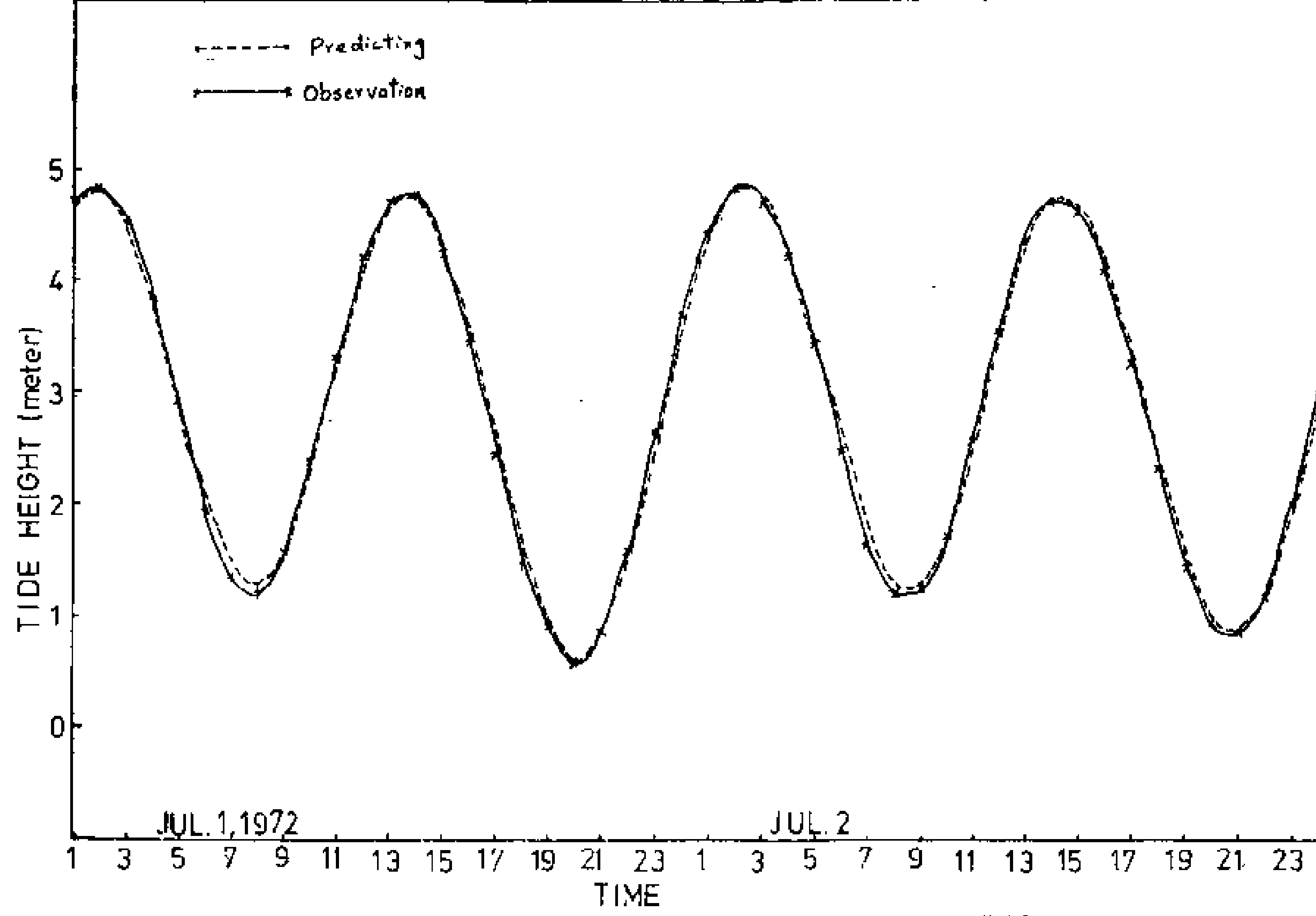


Fig 2 The Comparation of Pradicting and observation Tide in Taichung

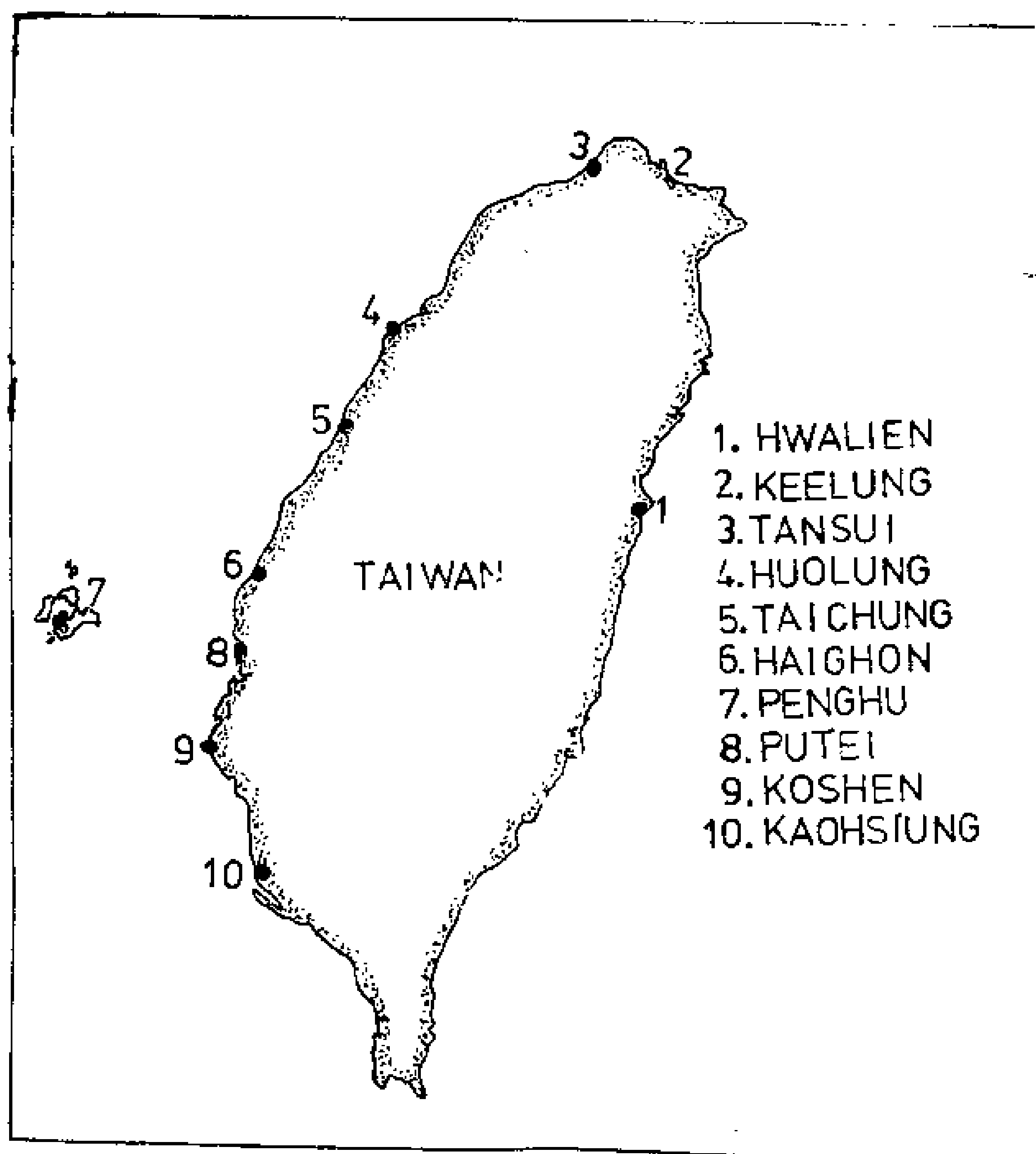


Fig 3 The locations of Tide gauge around Taiwan

海上目視波浪高度觀測之理論及實用

張士韜

一、前　　言

海上波浪觀測，除極少數海洋觀測專業船外，大多數航行船隻均無波浪觀測儀器設備，尙均以目視觀測波浪，俾補海洋資料之不足。

海浪是一種非常不規則而且渴亂的波動，因之無論以儀器或目視觀測，均將是繁複而困難的技術工作。不過海浪的波峯甚短，通常尙可用視力觀測其波浪起伏的變化，進而估計其高低。湧浪（Swell waves）之波峯雖較風浪（Wind Waves）爲長，波動亦較規則，實際上如與其波長相較，其波峯亦短，故亦可以視力觀測之。惟一般海面上海浪所呈現的現象，均是浪湧交織一起，相互作用，且有時各系統方向廻異，波動的型式，因之更趨複雜。如何以目視觀測此種海面不規則之波動現象，以及使所測資料能充份代表該區海面波浪變化之特性，爲本文硏討之主要目的。

海浪觀測之要素爲浪高、浪向、浪週及浪長，其中最主要者即爲浪高，有關浪高的數理表示，Dr. W. J. Piersonjr[1] 曾於1954年根據由記錄儀器所測得之海浪記錄以統計學上之 Guassian 分配法（即Normal Curves ）加以硏究分析，因之導出觀測浪高與波譜（Power Spectrum）間之數理關係，此種關係的理論分配函數，亦可用以說明目視所測浪高與波譜之關係。不過以目視觀測浪高，必須在觀測技術上加以改進後，其所測資料才適合數理之解釋。即觀測時必須以目視精確觀測通過某一點所有波浪的高度，此項浪高觀測記錄才能確定波浪之特性，其結果與由波浪記錄導出之理論當亦能符合。

目視海浪觀測，雖遠不如利用海浪記錄儀器所得者精確，但可輔助儀器觀測之不足。因為在廣濶地球海洋面上，在可預見的將來，決不可能遍裝海浪紀錄儀器，大部份海浪資料之獲得，尚須以目視觀測資料來補充，且目視觀測甚為經濟，不受時地限制，在船上隨時隨地均可從事觀測工作，倘能在觀測技術上依據理論再加以研討改進，製出標準觀測方法，則其所測得之資料與儀器所測得者，同具有實用與研究價值。

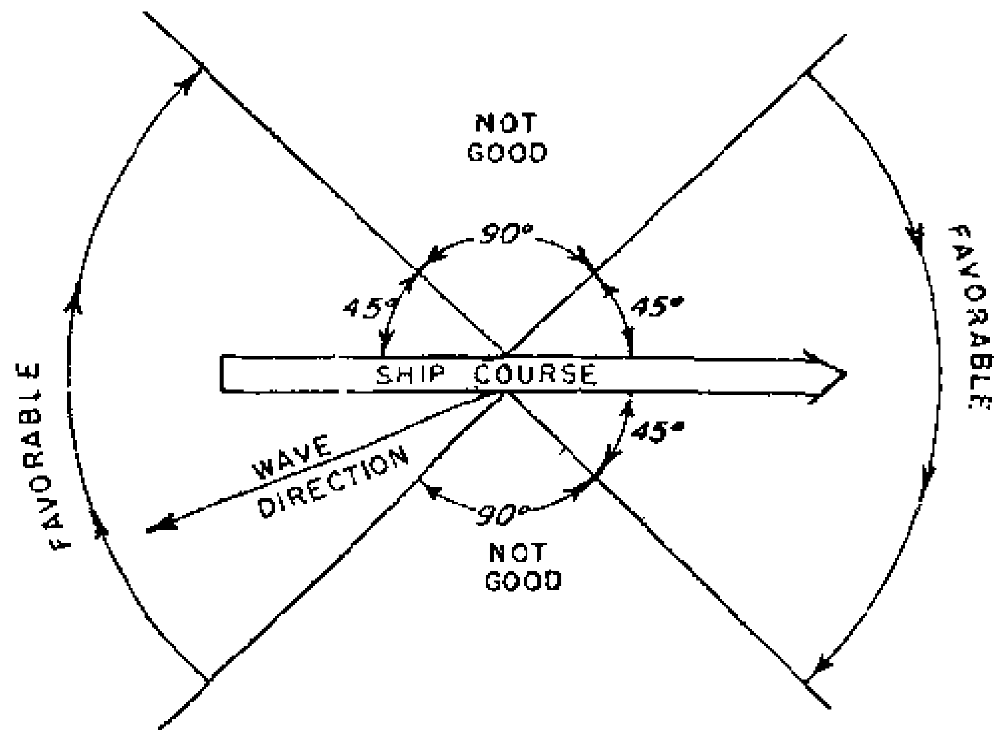
二、海浪高度觀測之技術

關於在船上以目視觀測海面海浪高度之方法，美國紐約大學三位教授W J. Piersonjr、Gehard、Ncumann，和R.W. James 於1955年在其合著「實用海浪預報及觀測法」[2]一書中，曾提出三種浪高觀測法，分別應用於各不同之海面狀況。此三種方法，筆者於隨艦出海實施海浪預報校驗作業時，曾分別加以應用及校驗，經將所測資料分別計算及比較結果，大致認為B法所測資料，對海浪之變化，有較大之代表性。茲特將P.N.J.三氏所提供三方法簡述於下：

浪高觀測「A」法：此法為觀測員在其視界範圍內海面上，僅選取該區面出現之最高波浪觀測之。較低波浪則不加以觀測。無疑的此項觀測紀錄，實無法代表該區浪湧變化之特性，而依此項觀測值所計出之平均浪高及顯著浪高均將過，其結果與由數理導出之波譜分配理論，亦不相符合。故此法僅能在觀測人員無充份時間採用B法觀測浪高，或在强風巨浪中，船體上下波動過鉅，利用B法觀測浪高遭致非常困難時，才可採用此觀測。

浪高觀測「B」法：各型船舶航行於海上，其所遇之浪高，並非每列波浪之最高部份，事實上，大部份時間內其所遇之波浪，要較「A」法所測之浪高為低。同樣的，安置於海中的任何海浪記錄儀器，其所記錄之浪高，即係通過該定觀測點之浪高，亦非每列波浪之最高部份。準此而論，若在船之左舷或右舷外海面上適當距離內選擇一個定點，然後觀測並紀錄通過該定點所有之浪高，則此項浪高記錄與利用儀器所測得者，大致相同。視力浪高觀測之要求，即係儘量設法與儀器所測得之浪高相脗合，如此才能符合由儀器觀測紀錄所導出之數理關係。故B法浪高觀測，觀測員於

船上，在與船首成45°之兩舷外側海面上適當距離內，（如圖一）選取一固定或移動觀測點，觀測並記錄通過此點所有之浪高，此種浪高實與該船所遇之浪高相同。觀測時尚須注意二點，其一，觀測員必須記取通過觀測點所有之浪高，其二，觀測點之選取不可過於靠近船身。



圖一：船上最佳海浪觀測範圍圖

註一：有關利用複合分配法計算觀測浪高值，將於另文討論。

浪高觀測「C」法：若觀測員採用B法觀測浪高，在時間上發生困難，或無法準確的記錄通過觀測點之低波浪時，則可以C法測之，即觀測其通過觀測點所有波浪之最低高度值，一旦獲得此最低值，則可依據統計學上的複合機率分配函數（Truncated Probability distribution function）註一，計算出其平均浪高，顯着浪高，此亦為觀測浪高之正確方法，惟應注意者，最低浪高值不能猜測，要能精確測出才可適用此法計算。

上述三種浪高觀測法，在理論上B法較為合理（已如前述），其所測資料可充份代表海面浪湧之特性，正如儀器所測得然。其次為C法，若其所測最低浪高值準確，則依此計算出之各項浪高值亦為準確，如無法以上述二法觀測時，則可採用A法，此法究較無實測浪高資料為佳。

對該區海面浪高之測定，普通均用立體判圖鏡（Stereophotography

）選取每一短峯波浪之最高部份測量之，如此被選取者多係顯着波浪，將測得全部之浪高値平均之，則可得出平均浪高。同樣的，當觀測員在船上觀測海浪時，在其視界範圍內，亦有儘選取最高波浪部份觀測之傾向，如此目視測得之浪高值與上述用立體判圖鏡所測得者相同。惟此種浪高値之數理分配原理尚未獲致解決，因之其理論機率之分配（ Theoretical Probability distribution）亦無法瞭解。

大多數觀測人員在海上所測得之浪高，並不具有其每一短峯波浪最高部份平均之特性，如約略掃視一次海面，便估計出其顯着浪高或推測出其特性，此均爲不切實際的觀測記錄。因爲觀測人員主觀太深，以及觀測船舶之型式，對觀測人員決定海浪高度特性時之影響，均未能計算在內。

綜上所論，瞬時觀測後即決定浪高之特性，或分散選取海面上之最高浪平均之，此均非目視浪高觀測之正確方法。欲使目視觀測浪高獲得合理的解釋，則浪高分配的情況，樣品數量所引起之誤差和源自觀測人員的誤差，必須在理論上先求得解決。所以觀測人員在實施浪高觀測時，必須在海面上選取一定點，而觀測並記錄通過該定點所有之浪高，以此種方法測得之記錄，實與以測浪桿所測得之浪高記錄大致相若。因之其數理特性，依前述之統計原理，即可得知。而浪高觀測之精確度當亦能確定。如在海面上選取一定點遭致困難時，則亦可選取一移動點觀測之，惟此點之移動，應與觀測船舶保持固定之方位與距離。換言之，即該點之移速移向，應與觀測之船舶相同。此與應用固定觀測點，同樣可獲得理想的記錄。

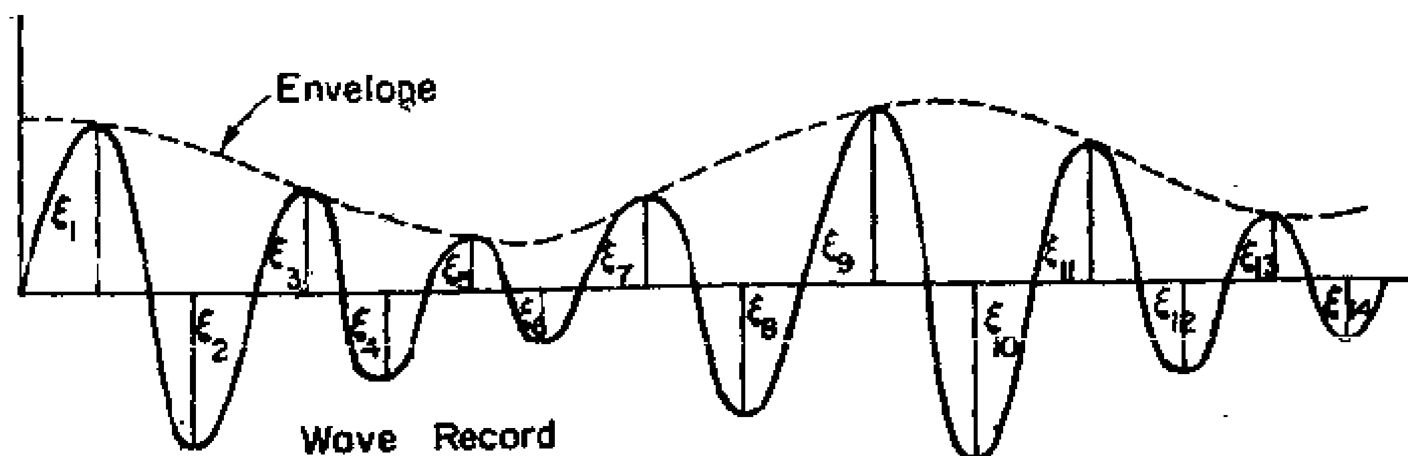
三、海浪記錄理論之研討

海面波浪的數理表示，係 Dr. W. J. Piersonjr 於1954年將實測之海浪記錄用統計學上之 Gaussian （Normal Curves）分配法研究分析後提出者，即海浪記錄可完全用波譜（ Spectrum ）來解釋，而由此導出之數理公式，當能充份代表海面波浪變化之特性。

㈠包線（Envelop）

關於海浪記錄之包線，（如圖二）有許多方法表示，常用之一種，爲

包線與海浪記錄每一波峯相銜接（僅當波譜範圍窄時）。此種包線則永依據下述之(1)式所分配。另一應用方式，包線與波浪記錄每一水平部份相銜接，如此則包線的機率分配，因受微波及不規則小波之影響，致導使①式更適合窄波譜之分配。



圖二：海浪紀錄之包線與浪幅

㈡波幅（Amplitude）

若海浪之波譜範圍窄，則波幅的機率分配爲已知（Rice 1944）[3] 如圖二，從該次海浪記錄上，可讀出足夠的波幅資料，由此將可得知其機率分配函數（Probability distribution function）。若波譜範圍寬，則此項分配即無法得知，無論如何由 Neumann （1954）[(4)]的理論結果顯示，即使是充份發展海浪之記錄，其波幅大約依此已知分配法變化。

假設有一海浪記錄和由該記錄上所選取的一組波幅資料，其波幅將依據(1)式所分配。

$$g(x) = \frac{2x}{E} e^{-x^2/E} dx \qquad (1)$$

令 $0 < x < \infty$

上式之意義，爲一已知波幅 ε_n 個波幅，其機率將有一值介於 $X, X+dx$ 之間，如(1)式所示。此種機率分配，通稱之爲目標分配（Target distri-

bution）亦稱羅萊氏分配（Raylieh distribution），此與卡方分配（Chi-Spuare distribution）有密切相關。

由(1)式可求得其波幅均數如(2)式所示

$$\int_{0}^{\infty} \frac{2x^2}{E} e^{-x^2/E} dx$$

$$= -xe^{x^2/E}\Big|_{0}^{\infty} + \int_{0}^{\infty} e^{-x^2/E} dx$$

$$= \frac{\sqrt{\pi}\ \sqrt{E}}{2} = 0.886\sqrt{E} \qquad (2)$$

上式中「E」值[2]之單位爲平方呎，其代表無限個無限小高度所有正絃波波幅平方的總和，此無限個波幅平方相加，卽構成整個的海浪記錄，其全部海浪的平均波幅卽等於 $0.886\sqrt{E}$。

其次有關(1)式的來源，亦可自(3)式得知，因(1)式中 0—∞之積分等於 1。

$$\int_{0}^{\infty} \frac{2x^3}{E} \cdot e^{-x^2/E} dx$$

$$= -x^2e^{-x^2/E}\Big|_{0}^{\infty} + E\int_{0}^{\infty} \frac{2x}{E} e^{-x^2/E} dx = E \qquad (3)$$

另一由(1)式導出之實用函數，爲累積分配函數（Cumulative distribution function），玆令其波幅小於或等於X值，則其機率分配如(4)式所示

$$F(x) = \int_{0}^{x} \frac{2n}{E} e^{-n^2/E} dx$$

$$= 1 - e^{-x^2/E} \qquad (4)$$

依據上式，表一或任何其他百分分配均可獲得。表一中百分比上90%，100%的波浪，其波幅小於無限大。總之在理論上由(1)或(4)中，至少有一極大波幅之海浪，總可能會發生的。

表一：爲波幅資料累積上升10%數

$10\% < 0.32\sqrt{E}$

$20\% < 0.47\sqrt{E}$

$30\% < 0.60\sqrt{E}$

$40\% < 0.71\sqrt{E}$

$50\% < 0.83\sqrt{E}$

$60\% < 0.96\sqrt{E}$

$70\% < 1.10\sqrt{E}$

$80\% < 1.27\sqrt{E}$

$90\% < 1.52\sqrt{E}$

爲免除上項因數理導出的難題，可用Longnet-Higgins[6]（1952）二氏精巧計算的結果。彼等曾研究N個波浪最高波幅的機率分配，從N個最高波浪中計算出其平均值。若全部波浪記錄包括N個M波幅，將N個波浪記錄分成M段，選取每一M段最高波幅並平均之，則其波幅値如表二所示。卽已知N個波幅的觀測記錄，其最高波幅的希望值（Expected Value）如表二，其極高浪測則罕見出現。

表二：最高海浪波幅資料

N	最高浪波幅希望值
20	$1.87\sqrt{E}$
50	$2.12\sqrt{E}$
100	$2.28\sqrt{E}$
200	$2.43\sqrt{E}$
500	$2.60\sqrt{E}$
1000	$2.73\sqrt{E}$

K%最高的平均波幅，如Longnet-Higgines（1952）二氏所推算出者，亦可用適當的複合分配法修正(1)式獲得。此得令X值爲 X_k ，卽此海浪記錄的K%其波幅大於此值，此可由解(4)式而得之(5)式中求得

$$1 - e^{x^2}\ K/E = 1 - (K/100)$$

$$e^{x^2} = K/E = K/100$$

其結果爲K%最高浪波幅的機率分配如(6)式所示

$$g(x)\,dx = \frac{100}{K}\cdot\frac{2xe}{E}\,e^{-x^2/E}\,dx \qquad (6)$$

$$(因\ X_k < X < \infty)$$

在(6)式中，因K_k係由(5)式所選取者，故其積分值爲 1 ，換言之，K％最高浪的機率分配函數，係由(1)式中尋出在X軸上一已知點右方面積部份所獲得，此即等於 K％的全部面積，然後將複合部份擴大100／K倍，如此曲線內之面積將復等於 1 。

根據上式計算出1/10較高波幅的平均波幅爲 $1.800\sqrt{E}$ ，⅓最高波幅的平均波幅爲$1.416\sqrt{E}$ 。

㈢海浪高度

在單純的正弦波中，波幅的二倍即爲浪高（峯—谷），惟在不規則的海浪記錄上，並非如此。研究任一海浪記錄如圖三，其低於水面波谷之深度並不與高於水面波峯之高度相同。在湧的方面而言，由于其波譜範圍窄，其連續之峯與谷之高度相等，因之浪高約爲波幅之二倍。在海浪方面，其波譜範圍寬，此情況則不符合。

對波幅而言，上述結果，並不適用於浪高的計算，不過有些情況對浪高的計算尚可應用。此項結論，係 Seiwell（1948）和 Weigel[7][8] 二氏於其分析浪高記錄時所證實。其值爲顯着浪高對平均浪高和平均浪高對$\frac{1}{10}$最高浪高平均的比率，均與理論值即上述值的二倍相脗合，其結果即爲浪高。

關於此問題的完整研究，可參閱 Watter's （1953）所著之 Distribution of heigh in ocean Waves[9] 一文，該文曾將109個海浪記錄的浪高加以分析，結果顯示其海浪高度依(1)式而分配 。直方圖(Histogram)所示出浪高之分配，正如同樣品數量及抽樣定理所期望的一樣。應用卡方試驗（Chi-Square test）研究38個海浪記錄，所得結果亦顯然相同，足證由(1)式所得出之海浪分配，對於浪高的研究非常正確。但此項結果證明無法用波譜解釋，由於該項記錄係由壓力式記錄器所測得，因水深的濾波作用使波譜變窄，同時許多湧之記錄，其波譜範圍可能亦較窄。或許具有寬波譜的海浪記錄，其波譜將依(1)式所分配，而其浪高則否。換言之，波

峯尖突其谷則低淺，此爲非線性效應的結果，致其浪高愈似(1)式，波幅分配則不對稱。

當波幅自波峯至連續波之波谷的變化非常不規則時如海浪，其浪高的理論分配在機率定理上爲一非常困難問題，因其連續波之波谷與其波峯部份相關。否則由(1)式中可能獲致二值和的機率分配函數，此卽爲浪高的機率函數。但事實並非如此，海面上實際浪高的分配，就波譜而言，可能依一非常複雜的方式，由此結果可獲數點結論如下：

1. 波幅可能隨(1)式分配變化，惟有些情況浪高則不隨(1)式變化。
2. 浪高有時會依(1)式變化。
3. 假定浪高隨(1)式所分配係最理想的「假設」。此爲現今所能計算的問題。因爲在許多情況下，「假設」幾乎近於正確，此不僅可導出適當的誤差，且可完成該定理無法解決的問題。

在實際的波浪記錄上，波幅和浪高的分配，並非海浪記錄最重要的特性。在甚多實用方面，「波譜」才是確切需要的特性。無此波譜，僅能導出很少實際理論的數值。

四、目視浪高觀測之研討

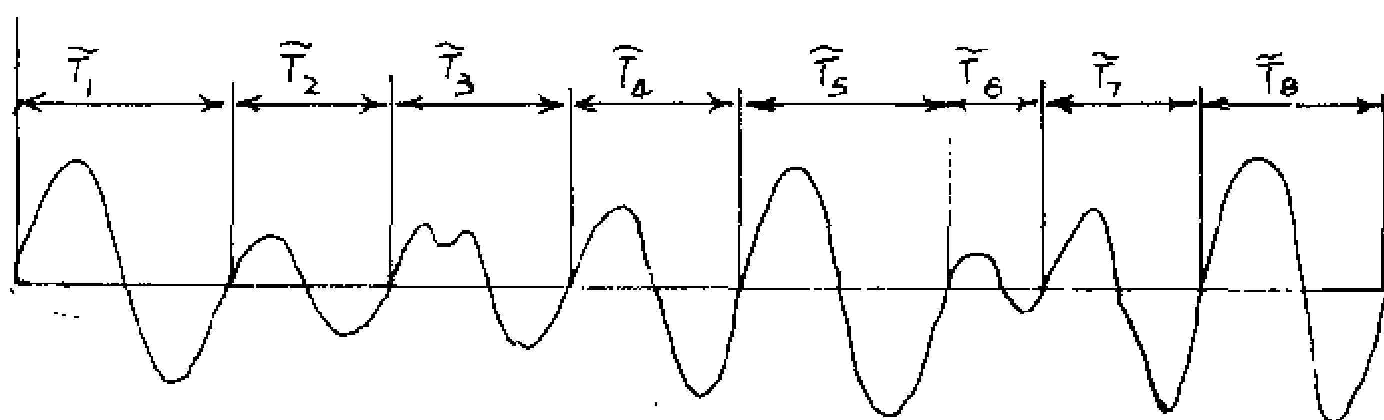
在很多種情況下，以目視觀測海浪是獲得資料惟一之方法，同時也是校驗海浪預報惟一可用之方式。如能依法觀測，則可用以估計平均浪高，校驗由(1)式中所得出的浪高分配及估計觀測值是否合理。

(一)理論之應用：

依據上述理論之研討，對於目視觀測法，可確立下述幾點原則：

1. 目視海浪觀測，必須測定通過一定點或一移動點所有之波浪，因爲四散選取觀測，無法以理論來研討。
2. 波幅的機率分配函數，非常近於(1)式，故其浪高的機率分配函數，將漸近於(1)式所得值之二倍。
3. 波浪係連續的而非獨自出現，其與連續波幅間之値（連續高值）相關。

由此項結果，目視海浪高度觀測的理想方法，當可確定，即海浪觀測人員應保持其視力停着在海面一固定觀測點（或與觀測船舶移速向相同之移動點），注視通過該點之連續波浪，觀測員無法知悉當時靜止海平面為何，所以必須估計波峯至波谷之高度，海浪高度變化範圍甚大，由零至一甚大高度值將通過觀測員所注視之定點，觀測員在估計浪高時，應謹慎從事，儘可能將通過觀測點之所有浪高值記錄下來。同時海浪高度其高於海平面之最高部份與相鄰波之谷低於海平面之最低部份有顯然不同。因之擾



圖三：海浪記錄上「週期」之確定法

動波和小浪如圖三之T_3部份，若其未低於海平面，則無須計算。

觀測時，首先產生錯誤的，將是忽略觀測低小之波浪，使測得資料之應用價值減少。通常係由於此種小波與大浪非常不顯著，因之可能漏記，於是浪高的平均值必大於所有波浪的平均值，且所漏測波浪之特性為未知數，故此二值亦無法比較。若使其觀測值漸近(1)式中之分配，則觀測員必須設法記錄通過觀測點所有波浪之高度。如欲達到此種要求，當然非常困難，因為幾乎無法估計觀測員所漏記之低小波浪數。如欲强調此點及其重要性，應儘可能製出一完整的浪高記錄樣品。如若不能，則可採用複合分配理論(Theory of a truncated distribution)觀測和計算浪高，俾可免除此種作業技術上的困難。

(三)平均浪高

當浪高記錄完成足夠的觀測次數後，平均浪高卽可從此記錄中求出，此為統計上最簡單且最具用途的資料。縱然為海浪，若浪高為一正確E的

估計值，其波幅卽依(1)分配。

圖二，其第一浪高等於$\xi_1+\xi_2$，第二個浪高等於$\xi_3+\xi_4$，因之其平均浪高適如(7)式所示。

$$\overline{H}=\frac{(\xi_1+\xi_2)+(\xi_2+\xi_4)+\cdots\cdots+(\xi_{2n-1}+\xi_{2n})}{n}=\frac{2}{2}\sum_{j=1}^{2n}\frac{\xi_j}{n}=2\bar{\xi} \quad (7)$$

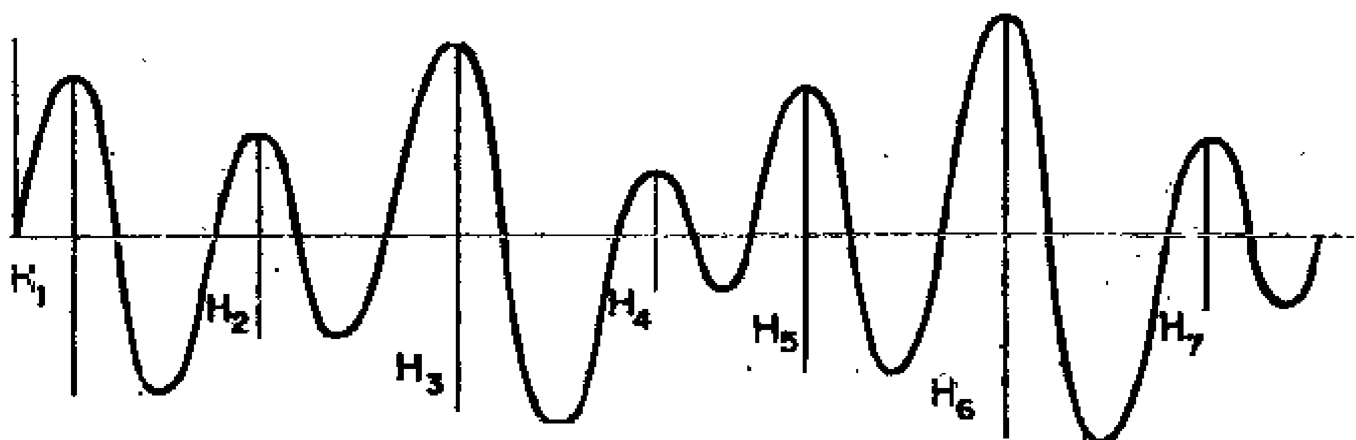
卽使連續波之波幅所合成之浪高值與羅萊氏分配（Rayleigh or target distrion）無關，其平均浪高仍爲波幅的二倍。依此假設，由羅萊氏分配法所獲之波幅，其E值當可推算。

(三)平均浪高的可靠性：

平均高度的企望值（ Expected Value ）等於聚衆數中一亂變數的企望值。因之一樣品中N個觀測的平均值爲一理論聚衆數均數的合理估計，在平均的估計數中，將無系統差。

有關觀測性質若有充份的假設，平均浪高特別估計的可靠界限卽可得知。該等假設並不太合理，當導出一完整方法後，必須作定量修正，但至少對浪高觀測提出一些實用的原則。可作出下述假定：

1. 每一波谷與其前一波峯單位（ Value of unity ）有關。
2. 波峯間全部無相關（一個波高與其前後波峯之高度均係獨立的）。
3. 波幅和浪高，由第一種假設理由係依羅萊氏分配法分配。



圖四：人造之海浪記錄：其波谷之波幅等於前一波峯之波幅，高度無相關。

3.波幅和浪高，由第一種假設理由係依羅萊氏分配法分配。

N次浪高的總和與N次單獨波幅觀測之總和相等，具有些此種特性（非實在的）的海浪記錄類似圖四之海浪記錄。值得注意者是，波幅值可能全部無相關，但此記錄的自動相關函數經過加減一值後，仍能示出一完全的波動。

統計學上一個定理，可用以研究這些N次波幅的平均值。統計學上的中央極限定理（Centrallimits Tneorem）說明：若 ξ_1 $\xi_2 \cdots\cdots \xi_n$ 爲獨立的亂變數，且均具有同一之機率分配，若 m_1 表均數，6 表每一 ξ_v 的標準偏差，其總和爲

$$\xi = \sum_{1}^{n} \xi_v \qquad (8)$$

爲漸近正態（Asymptolically normal " 與一均數 N_{m1} 及標準偏差 $\sigma_1 \sqrt{N}$，" 其隨算術均數（Arithmetic mean）

$$\xi = \frac{1}{N} \sum_{1}^{n} \xi_v \qquad (9)$$

爲漸近正態……… " 與一均數 m_1 和一標準差值 $\sigma_1 / \sqrt{N}$ " 。

此中央極限定理，對於小的N值，在甚多狀況下非常適用。其次尚需要計算有關由(1)式所得的均數分配，可藉下列(10)式求得

$$u_2 = \sigma_1^2 = \int_0^\infty \left(X - \frac{\sqrt{\pi}\sqrt{E}}{2}\right)^2 \cdot \frac{2x}{E} e^{-x^2/E} dx$$

$$= \int_0^\infty \frac{2x^3}{E} e^{-x^2/E} dx - \frac{\sqrt{\pi}\sqrt{E}}{2} \int_0^\infty 2x^2 e^{-x^2/E} dx$$

$$+ \frac{\pi}{4} E \int_0^\infty \frac{2x}{E}^{-x^2/E} dx \qquad (10)$$

$$= E - \frac{2\pi}{4} E + \frac{\pi}{4} E \qquad = E\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

由上述定理，一樣品中N個觀測波幅計算之均數，與由(2)式之均數及(10)式被N除後之均數均爲正態分配。

下式中變數Z，對零均數和一單準差係依正態分配而分配。

$$Z=\frac{\frac{1}{N}\sum^{n}\xi_{v}-\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{E}}{2}}{\sqrt{1-(\frac{\pi}{4})E/N}} \qquad (11)$$

在單一正態曲線下，可以計算其機率即Z將介於任二值間，在一已知－B至＋B之曲線區間內，Z將介於－B至＋B之間，則其機率即可計算，如令其等於A，則如(12)所示。

$$P(-B<Z<B)=A \qquad (12)$$

例如：若B＝1.65，則A爲0.90，即十分之九倍，Z將介於－1.65與＋1.65之間。

(11)及(12)式之應用當能導出，結果如(13)式所示，其應用之目的，在 $\sqrt{E}$ 在不等式之內，ξ 居於不等式之外。

$$-B<\frac{\xi-(\sqrt{\pi}/2)\sqrt{E}}{\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})E/N}}<B, \qquad (13)$$

上式可寫成

$$-B<\frac{\xi}{\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})E/N}}-\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})/N}}\cdot<B. \qquad (14)$$

此可變成下式：

$$-B+\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})/N}}<\frac{\bar{\xi}}{\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})E/N}}<B+\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})/N}}<B \qquad (15)$$

和

$$\frac{-B\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})/N}+\sqrt{\pi}}{\bar{\xi}}<\frac{1}{\sqrt{E}}<\frac{B\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})/N}+\sqrt{\pi/2}}{\bar{\xi}} \qquad (16)$$

最後將(16)式倒置，其結果為

$$\frac{\bar{\xi}}{\sqrt{\pi}/2+B\sqrt{(1-\frac{\pi}{4})/N}}<\sqrt{E}<\frac{\bar{\xi}}{\sqrt{\pi}/2-B\sqrt{1-\frac{\pi}{4})/N}} \quad (17)$$

其平均波幅產生一E之估計值，可稱之為 Em 如(18)或所示

$$\bar{\xi}=\frac{\sqrt{\pi}}{2}\sqrt{Em} \quad (18)$$

將此式代入(17)式中，簡化後其最終結果如(19)式

$$\frac{\sqrt{E_m}}{1+\frac{B}{\sqrt{N}}\sqrt{\frac{4}{\pi}-1}}<\sqrt{E}<\frac{\sqrt{E_m}}{1-\frac{B}{\sqrt{N}}\sqrt{\frac{4}{\pi}-1}} \quad (19)$$

式中 $\sqrt{E_m}$ 值可自海浪觀測中獲得。通常並不等於 $\sqrt{E}$ 值。由上述之不等式內，實際 $\sqrt{E}$ 值的範圍，設90%可以一因子乘 $\sqrt{E_m}$ 獲得，此因子係由(19)式中使 $B=1.65$ 及 N 等於觀測次數所確定，對 N 之標準值，(19)式所生之值如表三理論各列中所示：

表　三

$\sqrt{E_m}$ 的可靠值

N	最低值（安全因數）	最低值（理論的）	最高值（理論的）	最高值（安全因數）
9	$0.71\sqrt{E_m}$	$0.78\sqrt{E_m}$	$1.40\sqrt{E_m}$	$1.68\sqrt{E_m}$
16	$0.76\sqrt{E_m}$	$0.82\sqrt{E_m}$	$1.28\sqrt{E_m}$	$1.44\sqrt{E_m}$
25	$0.80\sqrt{E_m}$	$0.85\sqrt{E_m}$	$1.21\sqrt{E_m}$	$1.33\sqrt{E_m}$
50	$0.85\sqrt{E_m}$	$0.89\sqrt{E_m}$	$1.13\sqrt{E_m}$	$1.21\sqrt{E_m}$
100	$0.89\sqrt{E_m}$	$0.92\sqrt{E_m}$	$1.09\sqrt{E_m}$	$1.12\sqrt{E_m}$
200	$0.92\sqrt{E_m}$	$0.94\sqrt{E_m}$	$1.06\sqrt{E_m}$	$1.09\sqrt{E_m}$

(四)研討

平均浪高值的可靠性，由表三觀之，觀測次數愈多，則可靠性愈大。平均浪高或顯著浪高均以同一因子乘之，因二者均為簡單常數乘 $\sqrt{E_m}$。

例如：依表列的假設，由圖三的海浪記錄上所獲 $\bar{\xi}$ 值為25。若觀測的

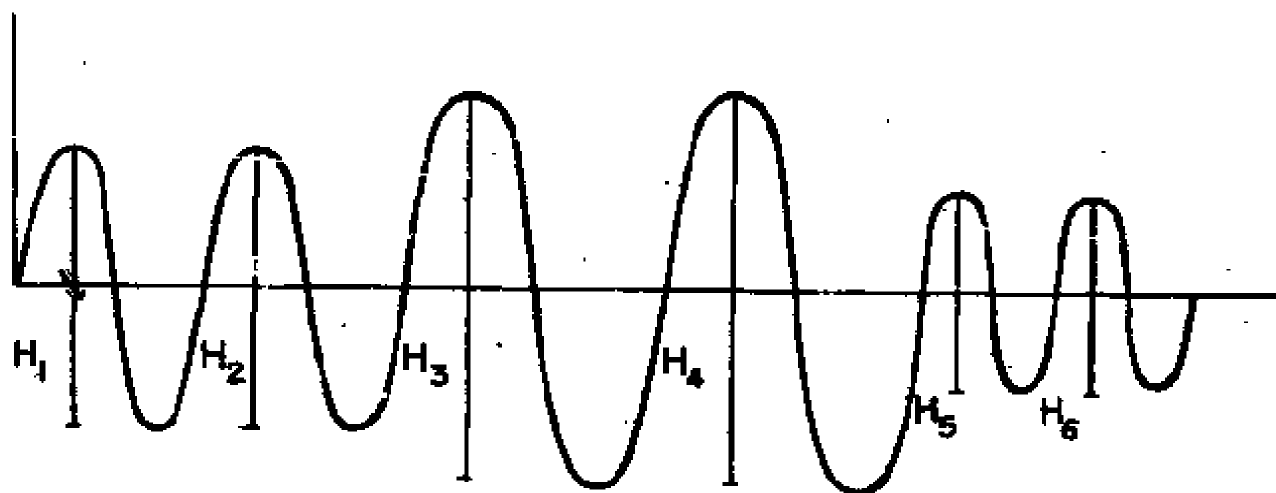
平均波幅爲10呎，則自一大量樣品相同群體中計算所得之實際波幅，其實驗的90%將介於8.5呎和12.1呎之間。此外，若此值係據100波幅計算所得，則此項實驗的90%將介於9.2呎和10.9呎之間。

以上導出之理論，對實際海浪是否適用？因爲在數理上假設的特性並非眞實波浪之特性。關於此問題解答，即可能使其值範圍窄，但由於相對的影響亦可能使其範圍變寬。此即上述之定理對一已知估計值而言，其範圍加大，設由5呎至15呎。

此一估計的眞實可靠界限，直待對此方面理論繼續從事進一步研究之後，將無從瞭解。上述理論範圍的變化爲低估於實際範圍的變化，其實際變化之上界（Upper bound）大於理論之上界，其實際變化之下界亦低於理論上之下界（Lower bound）。

此模式證實對一連續性浪高觀測十分適用，其對目視所觀浪高自亦必適合，一波峯之波幅與一連續波谷波幅間的相關單值使每一獨自測得之浪高爲二單獨測得波幅之和，此在意識上尙稱合理，即測得之浪高係依(1)式所分配。故N次浪高的平均必須考慮N次單獨測得的平均，表三將應用於計算值上。

假設個別高度值爲單獨的，則疑點更多，諸如上述，其相關影響擴展至可靠界限以外，因其有效的觀測次數於此相關值間而減小。另一模式亦可構成，此即二連續完整波與其單值相關，且其所有部份爲獨立的，此一海浪記錄如圖五所示



圖五：人造海浪紀錄：其波谷之波幅等於前一波峯之波幅，高度與單值有關，雙重出現。

N次浪高觀測，實際上爲N／2的單獨觀測，以N／2作N代入表三，其可靠界限如表三之安全因數欄各值，此安全因數實爲一非常不成熟之嚐試，用以估計連續波峯間强力相關的影響。

五、結　　論

綜上所述，欲使目視測得浪高之資料，符合理論上研討之結果，一如用儀器所測得然，則觀測員於海上實施目視浪高測時，必須循下列各條規則實施觀測：

(一)通過觀測點（定點）所有之浪高必須觀測（此點亦可爲一與觀測船舶移速移向相同之動點）。

(二)所有浪高必須記錄，裨使該項海浪記錄對該海浪特性具有充份代表性。

(三)每次觀測浪高資料至少必須記錄50次以上，能記錄100次更爲理想。如每次僅記錄25次，則此浪高值的可靠性甚小。

總之，四散選取海面上較顯著之浪高觀測之，此絕非目視觀測浪高可用之方法，且無法以理論來研討其特性。若每次觀測均記錄100次浪高資料，則此項記錄才可有實用的價值。如海浪的平均週期10秒，觀測100次浪高須歷時20分鐘，因之海浪觀測人員須以充份時間實施觀測，一個可靠而實用的浪高記錄，決不是幾分鐘內就能完成的。

參考文獻

1. PIERSON, W.J.JR, AN Interpreties of The observable properties of sea waves in terms of The energy spectrum of The Gaussian Record, Transaction of The American Geophsical Union, Vol.35 P747～757, 1954
2. PIERSON, W.J.JR., NEUMANN. GERHARD and JAMES, R. Practical Methods for observing and gorecasting Ocean

Waves by means of waves spectra and statisties, Hydrographic office Pub. No.603, P144～154, 1955

3. RICE, S.O. Mathematical analysis of random noise, The bell System teachnical Journal, Vol.23 P282～332, 1944

4. NEUMANN, GERHARD, ZUR Charackteristik des Seeganges (on The Nature of sea motion) archiv fur Meteorologic, Geophysik und Bioktimo Logic Series A, Meteoro Logic, und Geophysik Vol.7, P252～377, 1954

5. 張士翰：「波譜海浪預報法」海軍氣象中心 1965。

6. LONGUET-HIGGINS.M.S. On The statistieal distribution of The heights of sea waves, Journal of Marine Research Vol.11, P.245～266 1952

7. SEIWELL, H.R. Result of research on sureface waves of The western north Atlantic, Papers of The physical Oceanography and meteoro Logic. Vol.10 No.4930～56 1948

8. WEIGEL, R.L. An analysis of data from waves records on The pacific coast of The U.S., Transaction of The American geophysical union Vol.30 P.700～704 1949

9. WATTERS, J.K.A. Distribution of height in Ocean waves, New Xealand Journal of Seievce and Technology, Sec. B Vol.94 P408～422 1953

10. ARAKAWA, H, and SUDA, K. Analysis of Winds, Wind waves, Over The sea to east of Japan during typhoon of September 26, 1953, Monthly weathec review Vol.81, No.2 P31～37 1953

11. PIERSON, W.J.JR., A Vnifiecl Mathematieal Theory for The analysis, propagation, and refraction of storm-generated Ocean Surface wave, part I-II New york New york University, college of engineering department of meteorology 1952.

台灣海域表面大氣壓力與上升流之季節性關係

周俊謀

一、前　　言

臺灣海域受季風之影響甚大，一年之中，有二較長之季風期及二短暫之過渡期，而海面大氣壓力之分佈情況，也有季節性之變化。由海面大氣壓力之分佈，可計算地衡風（Geostrophic Wind）對海面之應力。再由風應力可估計厄克曼輸送量。由厄克曼輸送量之擴散量（Divergence of Ekman transport）；可計算其對上升流（Upwelling）之影響，今分述於後。

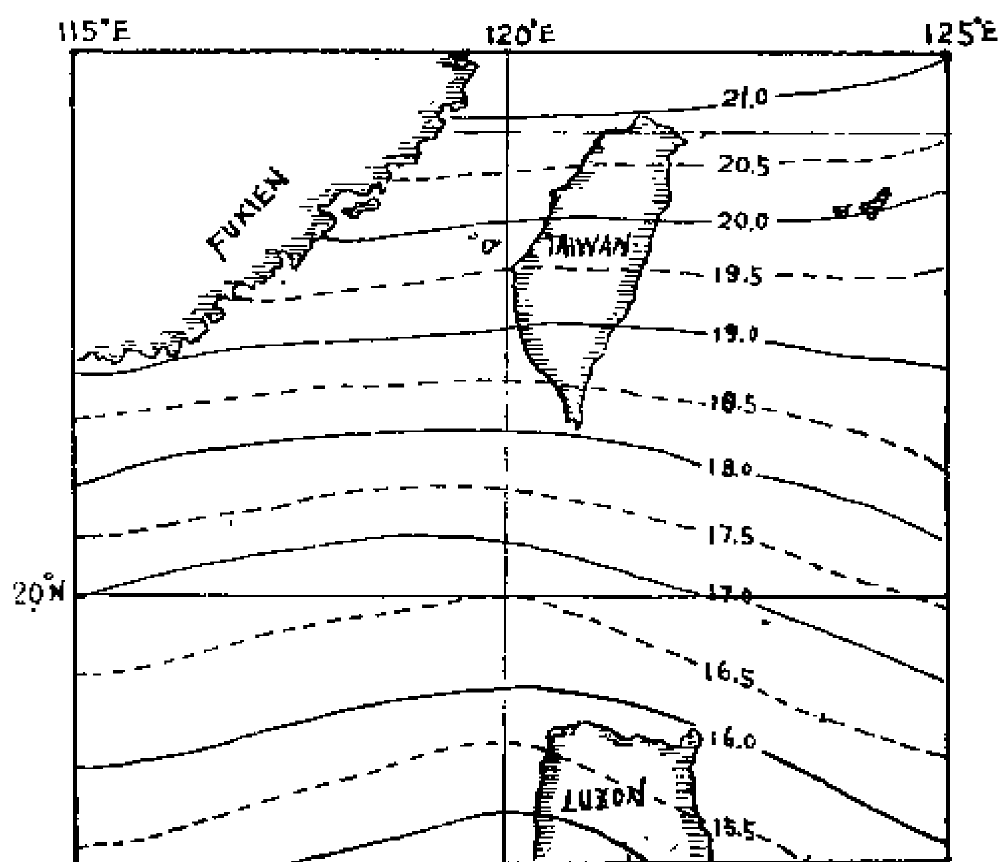
二、風力之季節性變化

此一地區於冬季中，即自11月至4月，東北季風盛行。西伯利亞大陸性及熱帶海洋性二氣團構成主要之影響力。其交界地區則形成強烈而活躍之極鋒（polar front）。由於西伯利亞氣流之衝激，常引起強烈之季風，掃至中國南部，風力甚強，通常達22至33節，偶而可能高達70節。於5月及6月，為過渡時期，西伯利亞之反氣旋減弱，赤道氣槽(Equatorial trough)向北移動。溫溼之赤道帶空氣與西伯利亞寒冷空氣相接觸，時常引起早夏霧雨。風力弱而多變。至6月末，夏季季風已完全形成，一直盛行至9月。溫暖潮溼之西南風為造成夏季降雨之主要原因。於臺灣之西，風力弱而多變，當高壓中心位於臺灣之東北時，則有微弱之東風。當高壓中心位於臺灣之東北時，自東經120度以東地區皆盛行微弱之南風。

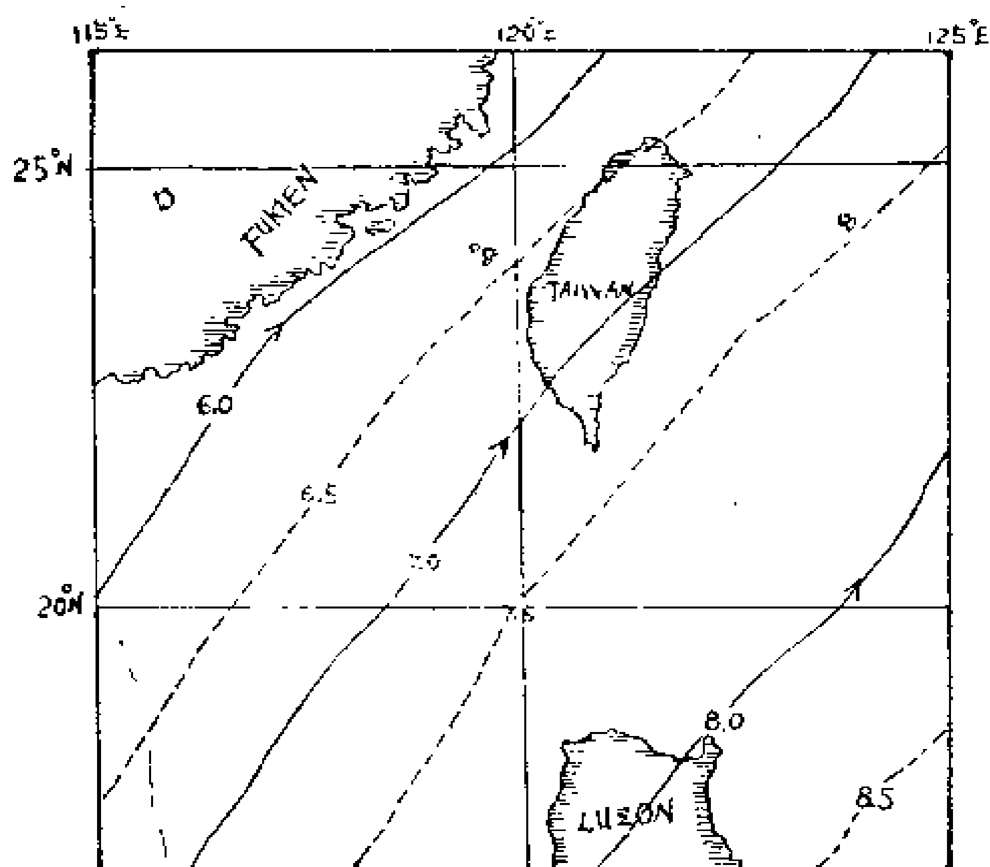
自9月下旬至10月初，又為一過渡時期，夏季季風漸轉變為冬季季風。冬季季風之東臨較驟，於一週內，即可能完全轉變（Kwan，1970）。

三、海面大氣壓之季節性變化

根據美國馬利蘭州銀春城之國家海洋大氣局（National Oceanic and Atmospheric Administration）於1970 年所發表之資料，繪出臺灣海域冬季及夏季季風期間之典型大氣壓力之分佈如圖一及圖二。於 1970 年 2 月間，高氣壓籠罩亞洲大陸，臺灣附近之地衡風來自東北及東方，於 1970 年 7 月，亞洲大陸爲低氣壓所籠罩，臺灣四週之地衡風來自西南。由圖中也可見，冬季之氣壓梯度較夏季者爲強。其所引起之地衡風自也較強。



圖一：海平面大氣壓力分佈圖。1970 年 2 月份（mb - 1000）



圖二：海平面大氣壓力分佈圖。1970 年 7 月份。（mb－1000）

四、地衡風對海面應力之季節性變化

由海面之大氣壓力，地衡風對海面之應力可計算如下：

$$\tau_x = C\rho_a u_g \mid u_g \mid$$

$$\tau_y = C\rho_a u_g \mid v_g \mid \qquad (1)$$

式中 τ_x 及 τ_y 各為向東及向北之風應力分力。ρ_a 為空氣密度，u_g 及 v_g 為地衡風之分量（Components），τ_x 及 τ_y 之方向，依 u_g 及 v_g 之方向而定，故採用其一絕對值，於計算時可得 τ_x 及 τ_y 之方向。C 為拖曳係數（drag Coefficient）此係數又稱阻抗係數（Resistance Coefficient），剪力係數（Shear stress Coefficient）或摩擦係數（Friction Coefficient）。其值可以下列各法求得風應力而估計之。（H. U. Roll，1965）於空氣中：

(1)由接近海面之風力垂直分佈側面圖（Vertical wind profile）而

計算，稱爲“Wind profile method”：

$$u = (u_*/k)\ell n[(z+z_0)/z_0]$$
$$(\tau/\rho)^{12} = \ell(2u/\partial z) = u_* \quad (2)$$

(2)由大氣境界層（boundary layer）地衡風差異法（departure from the geostrophic wind）估計之，稱爲“geostrophic departure method”：

$$\rho f(\overline{v}-v_g) = -\partial\tau_{xz}/\partial z$$
$$\rho f(\overline{u}-v_g) = \partial\tau_{yz}/\partial z \quad (3)$$

(3)由氣流對速度平均値於垂直及水平方向之變動量（fluctation）而計算之，稱爲“Eddy correlation method”：

$$\tau = -\rho < w' u' > av. \quad (4)$$

於水中：

(4)由於風力作用使一周圍密閉之水域所產生水面傾斜而估計之，稱爲“Sea surface tilt method”：

$$C_{10} = \frac{\rho_{w} g d i}{\rho \overline{u}_{10}^2} \quad (5)$$

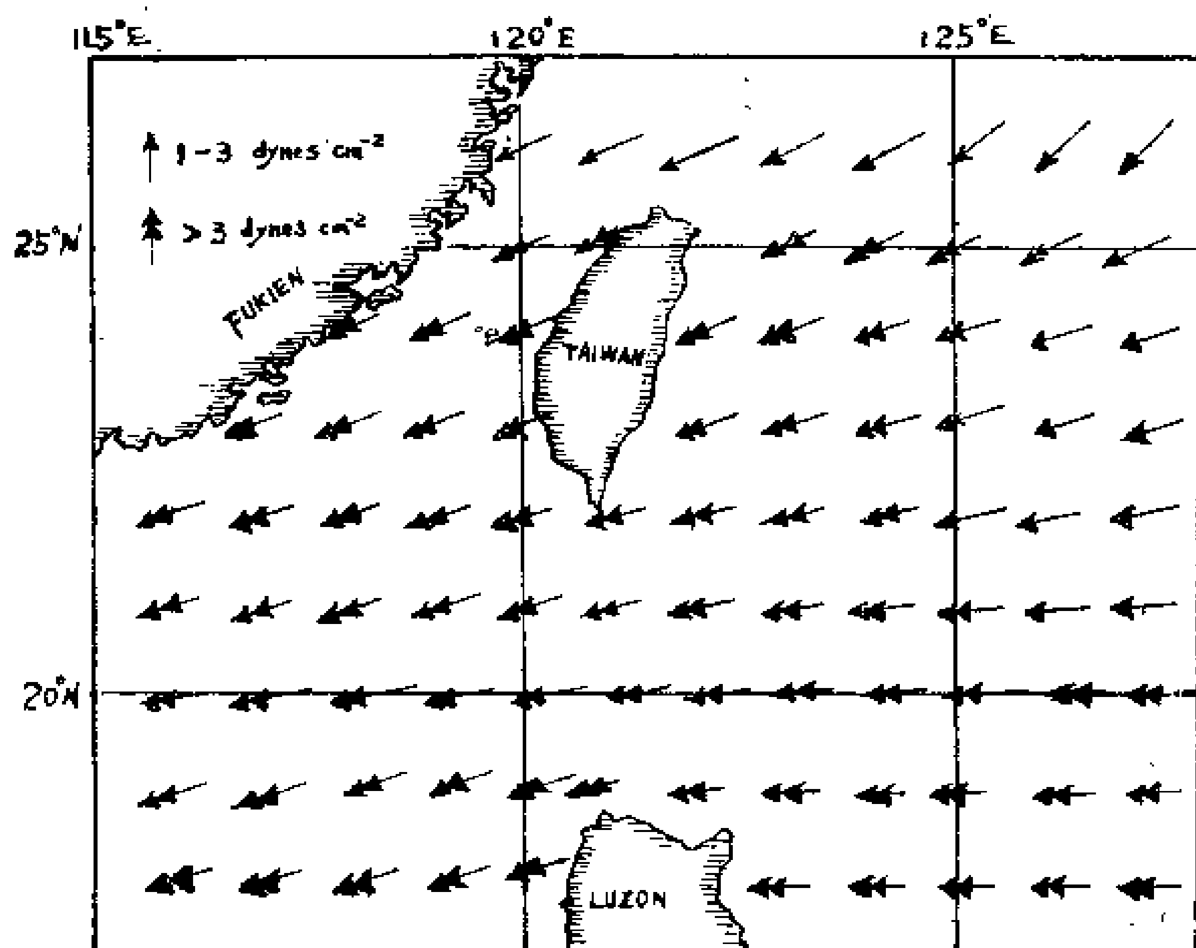
式中 ρ_w 爲水之密度，d 爲水之平均深度，g 爲重力加速度，i 爲水面傾斜度，C_{10}爲於水面以上 10 公尺處之拖曳係數，$\bar{u}_0$ 爲 10 公尺處之風速。

於水面：

(5)由於風力使分佈於水面之不溶解物質單分子層（Insoluble monolayer）收縮而估計，稱之爲“Surface film method”。

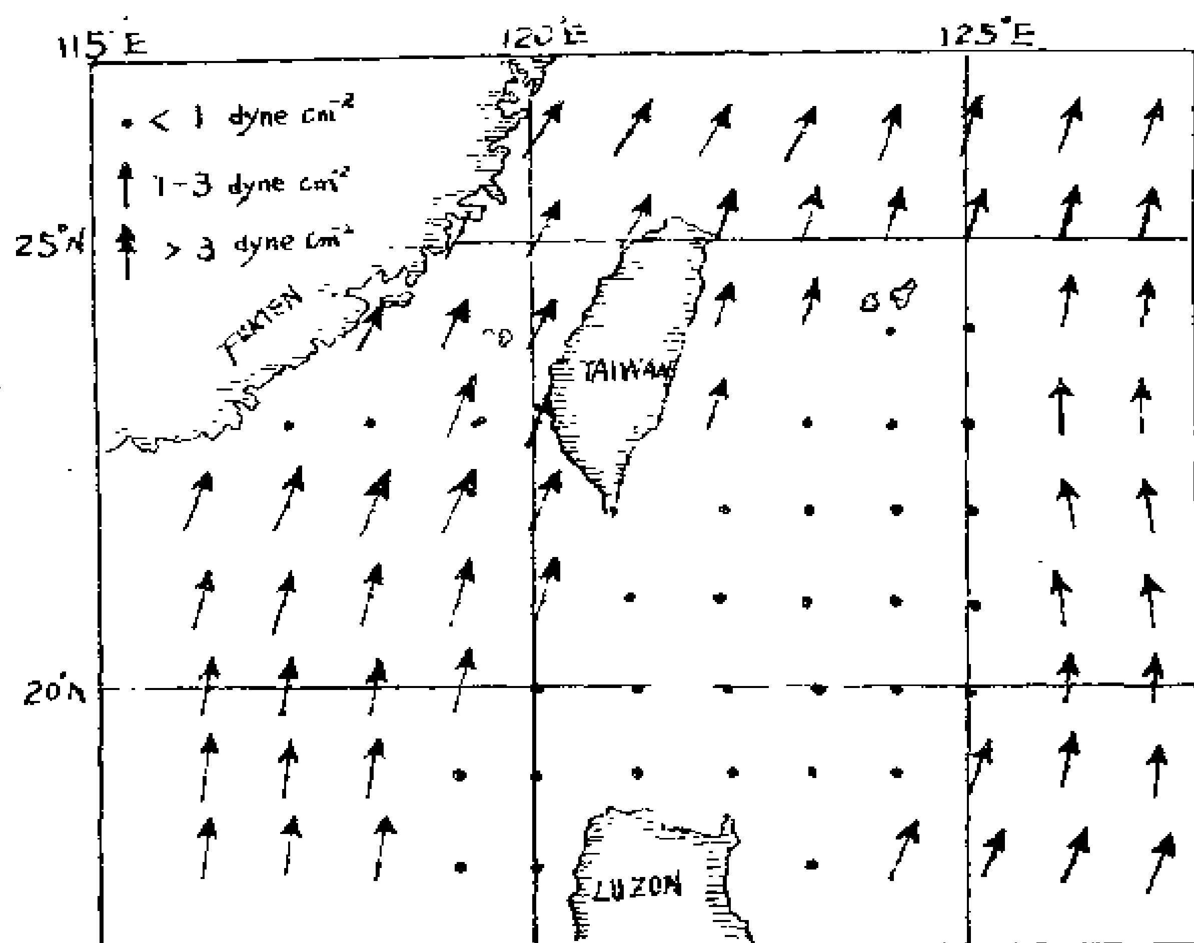
Wilson（1960）綜合各不同科學家使用上述自(1)至(4)各方法，經47次觀察計算之値，得結果爲：於強風（風力>10公尺／秒）時，C_{10} 爲 2.37×10^{-3}，而其標準偏差（standard deviation）爲 0.56×10^{-3}。於弱風（< 10 公尺／秒），C_{10} 平均値爲 1.49×10^{-3} 而其標準偏差爲 0.83×10^{-3}。Sverdrup（1957）計算得風對北極海水面之 C_7（離海面 7 公尺處）爲 6.9×10^{-3}。Pond（1971）則認爲拖曳係數之値應較少，約爲 1.5×10^{-3}。筆者於 1971 年計算臺灣海域之風應力時，採用 $C = 2.6\times10^{-3}$，較爲偏高。地衡風應力，如同地衡風本身一樣，是平行於

等壓線。然實際之風應力，則有自高壓向低壓處偏越等壓線 10 至 20 度角之趨勢。典型之臺灣海域冬季及夏季風應力之分佈，經計算並繪示於圖三及圖四。於 2 月份，臺灣必近風應力之方向來自東北及東方，其大小約爲 3dynes ／cm² 。於七月，臺灣附近風應力之方向來自西南方，其量則較 2 月者小，平均爲 2dynes ／cm² 於臺灣東南有一明顯之區域其應力小於 1dynes ／cm²。



圖三：風應力（年 1970 月 2 份）分佈圖。

五、厄克曼輸送量之季節性變化



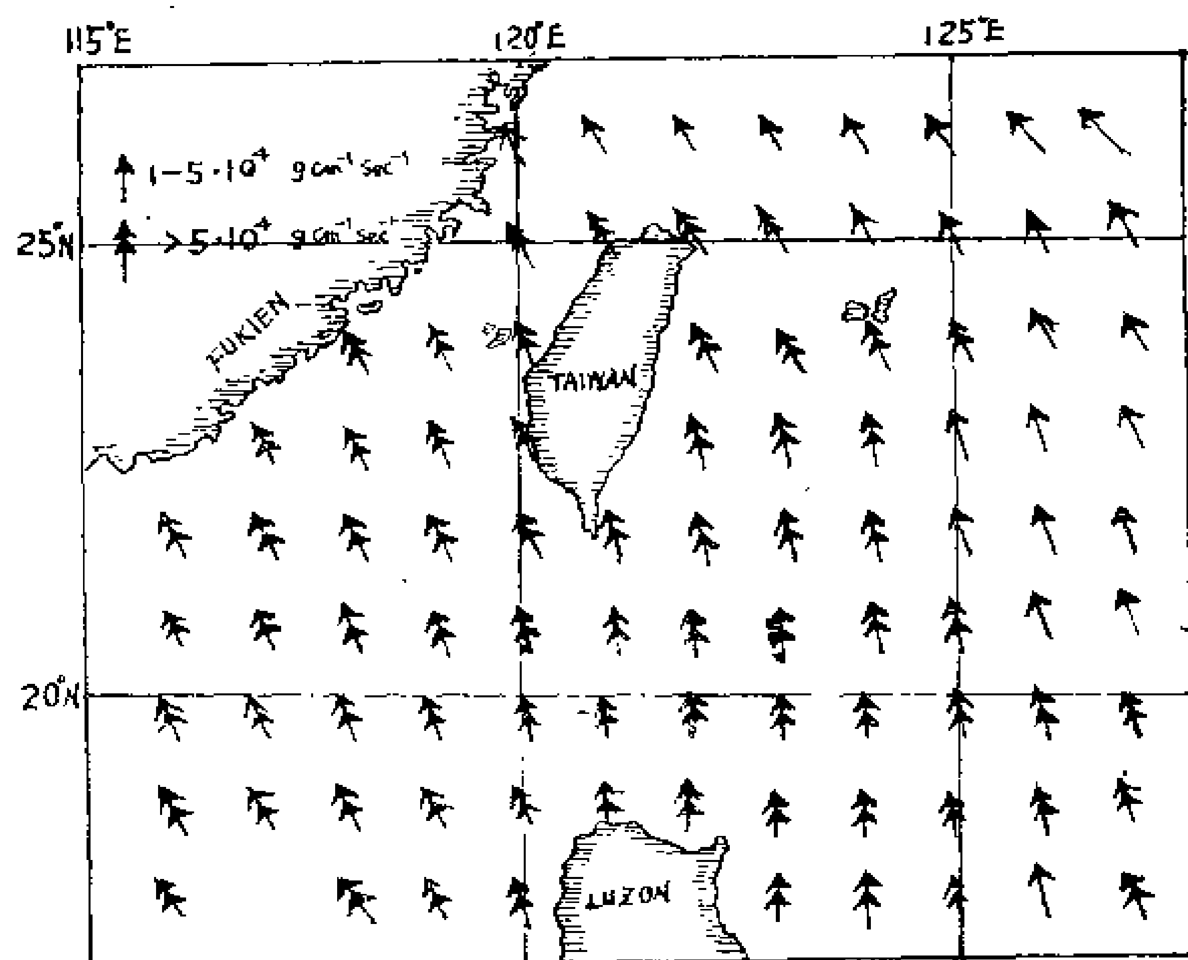
圖四：風應力（ 1970 年 7 月份）分佈圖。

由上面所得風對海面之應力，可估計厄克曼輸送量（上混合層之輸送量）如下：

$$M_x = \frac{\tau_y}{f}$$

$$M_y = -\frac{\tau_x}{f}$$

式中 M_x 為向東之輸送量，M_y 為向北之輸送量。其結果如圖五及圖六所示。於臺灣附近，冬季中厄克曼輸送量之盛行方向為向西北。此一現象可能引起臺灣東岸及中國大陸沿海之海水聚積。冬季厄克曼輸送量之大小階次（ order of magnitude ），為 5×10^4 gcm^{-1} sec^{-1}。於夏季，厄克曼輸送量趨向東南或東方，其量小於冬季者，即小於 $5 \times 10^4 gcm^{-1} sec^{-1}$。於臺灣之東南有一區域其輸送量小於 1×10^4 gcm^{-1} sec^{-1}。

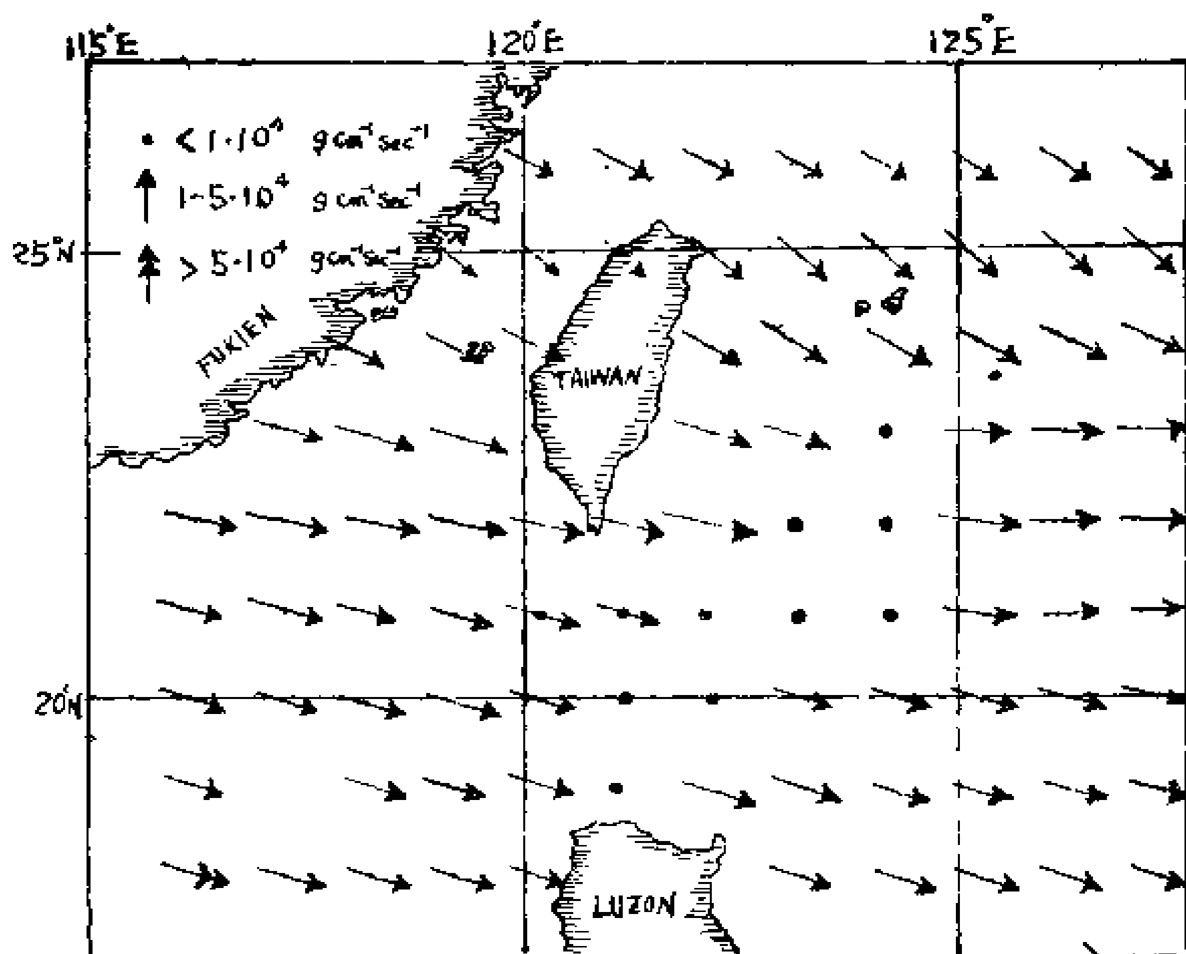


圖五：厄克曼輸送量（ 1970 年 2 月 ）分佈圖。

六、上升流及沈降流 (upwelling and down welling) 之季節性變化

有關臺灣附近之上升流及沉降流，尚未有正式公佈之資料。然而，如僅考慮風之應力場（ wind stress field ），則垂直流速可由厄克曼輸送量之擴散（ divergence of the Ekman transport）而計算之：

$$(\rho w)_d = \left\{ \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\tau_y}{f}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\tau_x}{f}\right) \right\} \qquad (7)$$

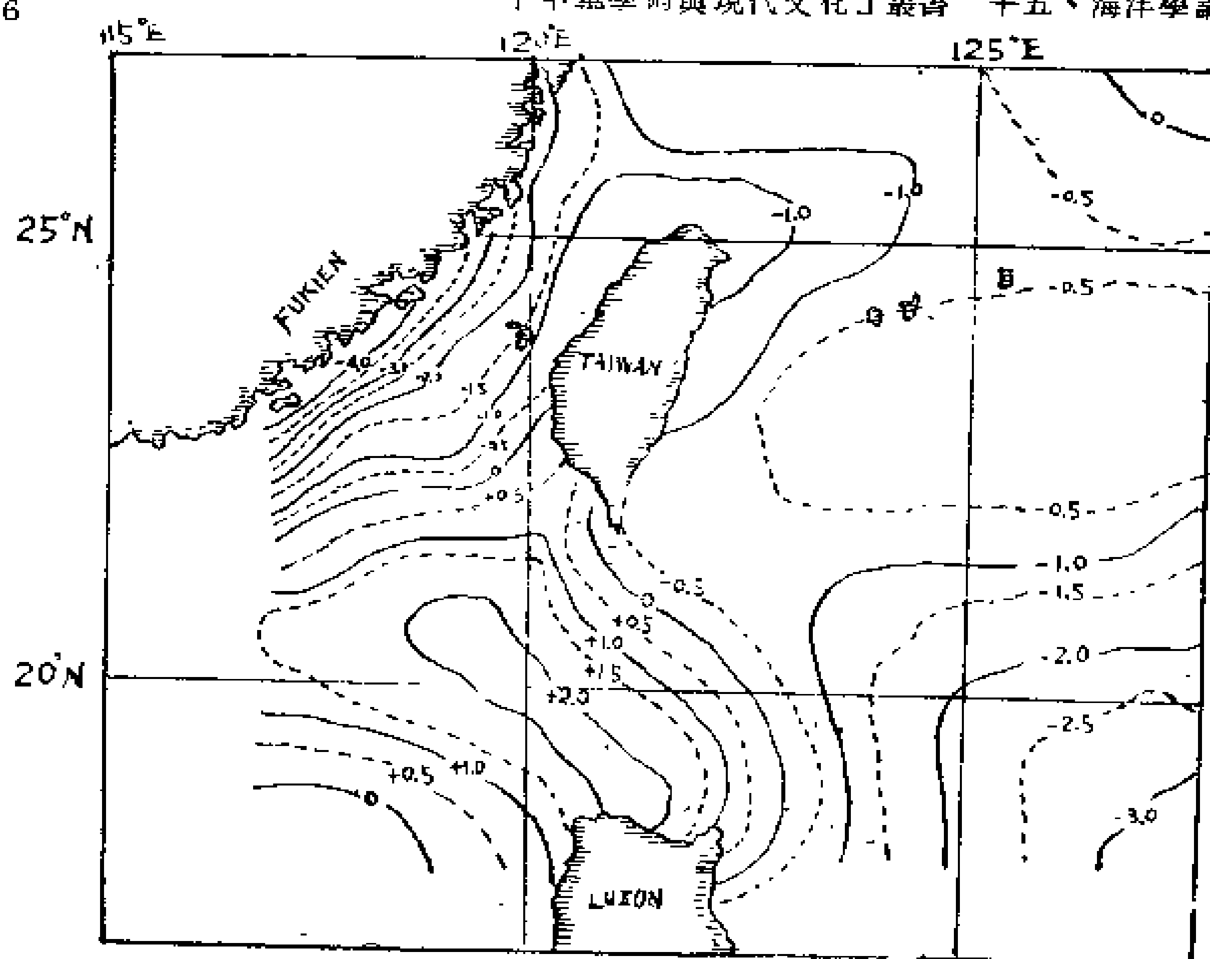


圖六：厄克曼輸送量（ 1970 年 7 月 ）分佈圖。

冬夏兩季風期間之垂直流速由計算所得繪示如圖七及圖八。其中速度之單位爲 10^{-3} cm／sec 以向上者爲正值。圖七所示者爲冬季之垂直速度。上升流有大於 2.5×10^{-3} cm／sec 者，位於臺灣之西南方海外地區，相當強的沉降流則發生於中國大陸沿海一狹長區域，其速率達 4×10^{-3} cm／sec。

圖八爲夏季之垂直速度，由於西南季風之影響，厄克曼輸送量之擴散引起中國大陸沿岸及臺灣東北方沿海有微弱之上升流，其量甚小於冬季者，最大之上升流速沿中國大陸者爲 0.9×10^{-3} cm／sec ，於臺灣北部者則爲 0.5×10^{-3} cm／sec 沿臺灣西南岸；垂直流速主要爲下降者，其速率大小略次 0.5×10^{-3} cm／see 。

然上層海水之全部垂直速率應包括由上層地衡質量輸送(Geostrophic mass transport ）所引起之垂直速度。假定於穩定狀態(steady state



圖七：垂直速度（ cm／sec ）分佈圖 2 月份（ 1970 年）
（其值以 10^{-3} 表示）

，則由：

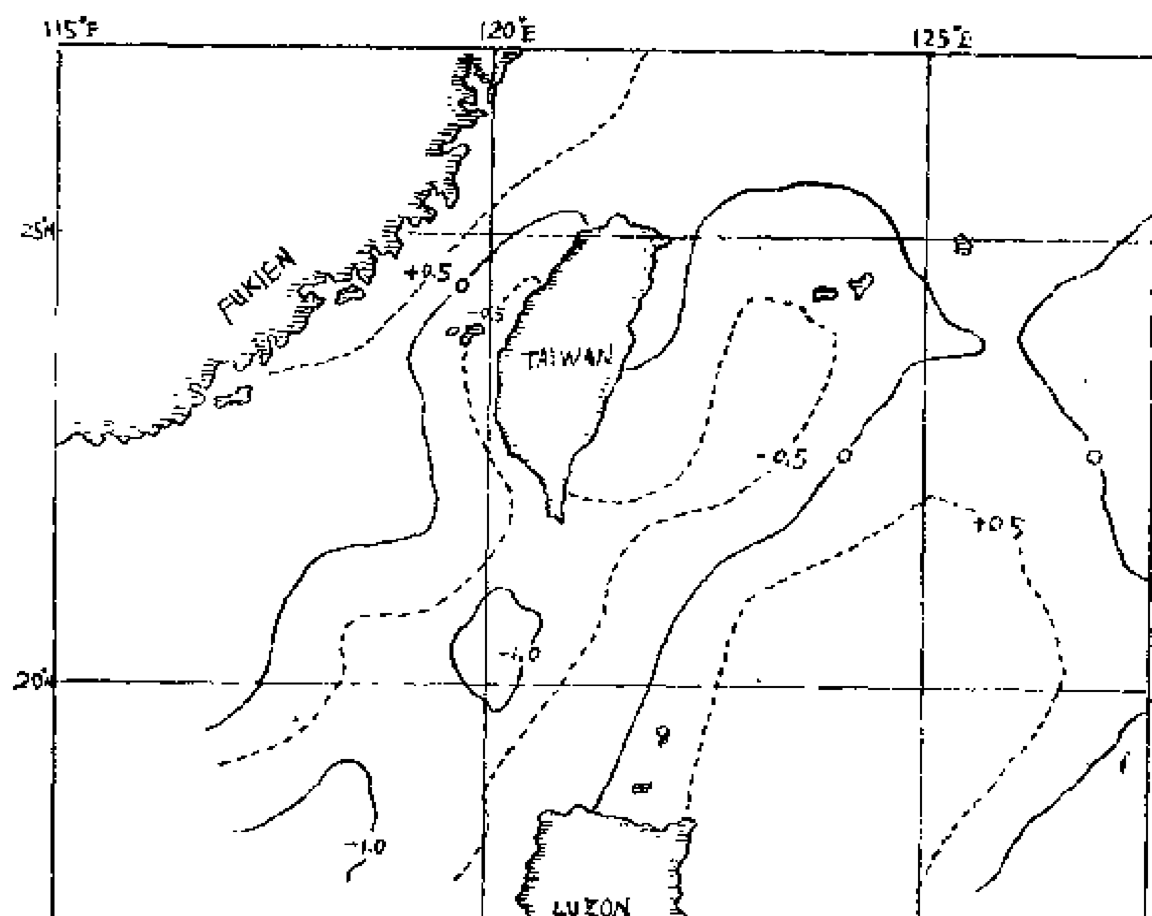
$$-fv = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}$$

$$fu = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z}$$

得：
$$-\left(f\frac{\partial v}{\partial y} + v\frac{\partial f}{\partial y}\right) = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial}{\partial y}\frac{\partial \rho}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}\right)$$

$$f\frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial}{\partial x}\frac{\partial p}{\partial y}\right) - \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z}\right)$$

$$f\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) + v\frac{\partial f}{\partial y} = -\frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}\right] \qquad (9)$$



圖八：垂直速度（cm／sec）分佈圖，7月份（1970年）
（其值以 10^{-3} 表示）

根據連續性（continuity）之原理：

$$\mathrm{div}_H \vec{v} = -\frac{\partial w}{\partial z} \tag{10}$$

另令 $\beta = \frac{\partial f}{\partial y}$、即柯氏參數（Coriolis parameter）隨緯度之變化率。

則 $$-f\frac{\partial w}{\partial z} = -\beta v - \frac{\partial}{\partial z}\mathrm{curl}_z \tau_z$$

$$\frac{\partial w}{\partial z} = \frac{\beta}{f} v + \frac{1}{f}\frac{\partial}{\partial z}\mathrm{curl}_z \tau_z$$

或：$$(\rho w)_d = \left\{ \frac{\partial}{\partial x}\frac{\tau_y}{f} - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\tau_x}{f}\right) - \frac{\beta}{f}\int_0^b \rho v_g \, dz \right\} \tag{11}$$

式中 v_g 爲地衡流向北之分量，d 爲上層海水之深度。於臺灣以東之地區，地衡質量輸送所引起之垂直速度（即式中左邊第三項之值）甚爲重要，因爲黑潮之速度甚高。如取各平均表值爲：

$v_g = 50\mathrm{cm}/\mathrm{sec}$

$\beta = 10^{-13}/\mathrm{cmsec}$

$d = 10^4\ \mathrm{cm}$

$f = 10^{-4}/\mathrm{sec}$

$\rho = 1\mathrm{gm}/\mathrm{cm}^3$

則由地衡質量輸送所引起之垂直速度之大小階次爲 $-0.5\times10^{-3}\ \mathrm{cm}/\mathrm{sec}$ 與由風應力場所引起者大約相等，因而使此一地區之沉降流速增加。

冬季時，中國沿岸冷流甚強，流向南方，由地衡質量輸送所引起之垂直流速應爲向上者，因之減弱此一地區之總沉降流量。

由於資料之不足，此整個地區由地衡質量輸送所引起對垂直速度之影響，於本文中未能詳予計算。

七、結　　論

由於上升流對海洋生物生長之關係至爲密切，故對上升流之研究至爲重要。然由於上升流之流速一般皆甚微弱，難以直接量度。而影響上升流之因素，除風應力及地衡流外，與海底地形等之關係也極密切。由海水溫度、鹽份、含氧量之分佈等，也可間接研究上升流之現象。由於資料之欠缺，上文中所述，自過簡陋。如欲更進一步了解臺灣海域之上升流現象，則對拖曳係數、地衡風應力、地衡流等，尚需予以更精密之研究及計算。

參考文獻

(1) Kwan, M. C.

1970 The Seasonal Sariation of Hydrological Properties in the Northern South China Sea. In: The Kuroshio, A

Symposium on the Japan Current, Edited by John C. Marr, East-West Center Press, Honolulu, 611pp.

(2) Pond, S.
1971 Air-Sea Interaction, Trans Amer. Geophys. Union 52 (6), 389-393.

(3) Roll, H.U.
1965 Physics of the Marine Atmosphere. Academic Press, New York and London.

(4) Sverdrup, H. U.
1957 The Stress of the Wind on the Ice of the Polar Sea. Norske Polarinst Skrifter No. 111.

(5) U.S. National Meteorological Center. Extended Forecast Section, Suitland, Maryland, 20233
1970 Monthly Sea Level Atmospheric Pressure Chart for the Northern Hemisphere, (Unpublished).

(6) Wilson, B. W.
1960. Note on Surface Wind Stress Over Water at Low And High Wind Speeds. J.Geophys, Res. 65, 3377-3882

流速儀安裝之研究

林維明

一、前　　言

我國是一濱海國家，海上資源相當豐富，正待我輩去開發，政府亦大力支持海洋開發，而海洋開發之工作者必須要對海上之環境有所認識，才能去征服它並利用它來作開發之工具，環境之調查相當的重要，海流，潮流，沿岸流是環境調查中不可缺少之單元，因為潮流之大小影響船隻之航行、錨碇，以及潛水工程人員之作業，因此對於所欲施工之海上工程作流速之調查是一相當重要的工作，由此可了解最大潮流可能發生之時間及大小對於工程施工，設計，規劃相當的重要，由於實測之資源再運用潮汐之理論分析可以推算任何時刻之潮流現象，並可預報停流的時間及四季中最高之流速，流向，本文乃介紹中國石油公司過去所曾在桃園沙崙外海5公里之流速儀調查之安裝經驗，願國內對流速儀按裝有興趣的同志共同研究。

二、流速儀簡介

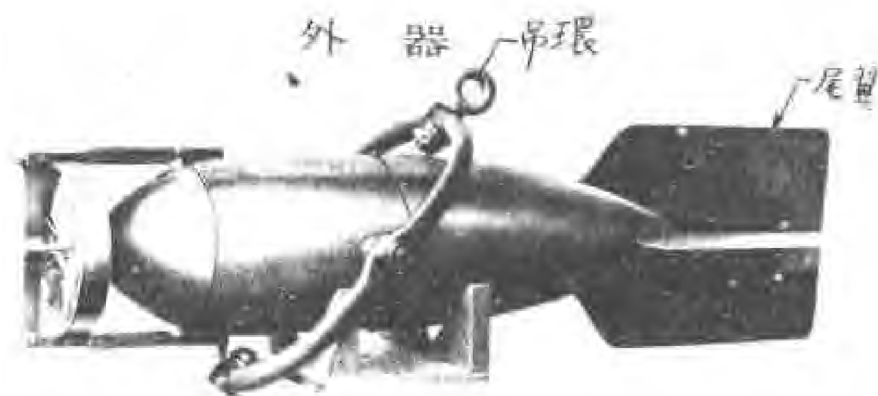


圖1－1　OC 流速儀外器

圖一示OC－1流速儀之外觀及內部形狀，本儀器可測至0m／sec至3m／sec最大水深可設置在300公尺水深，在空中只有32.2 公斤（可測至300m水深者或24.4kg測至50m 水深）因其相當輕便，施工亦相當容易，爲一連續記錄其記錄紙長12m ，記錄紙傳送速度每小時15m／m，因此可以一週更換一次記錄紙。

內　器

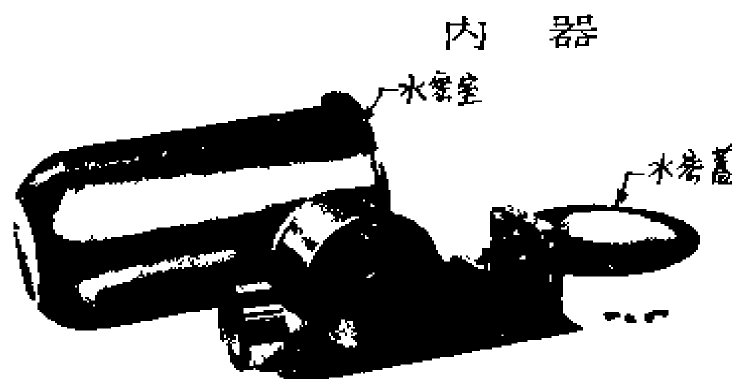


圖1－2　OC－1流速儀內器

三、流速儀設置要領

current meter設置順序參照圖（2）依次進行。

I、錨碇投入前之準備：

(1)先行連接錨碇與錨碇浮桶。

(2)連接錨碇浮桶與流速儀浮筒與浮標燈（light buoy）。

(3)流造儀與流速儀浮筒用鋼索連接。

(4)連接錨碇與沉塊（sinker）。

以上(1)—(4)完成後如圖二所示。

II、錨碇投入後之準備注意：

(1)—(4)項準備可以船上或陸地進行(5)以下需於船上設置。

(5)錨碇（anchor）（or sinker）投入前，錨錠鋼索與海底鋼索。分別各繞船桅一週，投入時使鋼索不相纏繞盡速緩慢放索使用anchor 之場合時當繼索放至總長若一半時應注意anchor 是否至海底才繼續放索如使用sinker代替anchor 場合，sinker 至

圖二 流速儀安裝示意圖

海底後以繩索全部放完爲止。

(6) anchor 或sinker設置完了應於船上將錨碇浮桶流速儀浮筒及浮標燈等依次投入海面，此時海底鋼索（ bottom wire）之一端固定於船桅上，至第(6)項完成manchor與 current meter sinker藉 bottom wire 連接以至入海底後能使行船位置恰停於底層測定位置之上方狀態爲宜。

(7)準備裝置底層測定之流速儀。

(8) sinker（Ⅰ)與sinker（Ⅱ)連接後再將 sinker（Ⅱ） 與 buoy連接。

(9)將(7)裝妥之流速計下部與sinker (1)上部連接，流速計上部再接浮力 30kg buoy Ⅳ。

(10)底層流速計設置順序如下：

(a) sinker (1)自船上吊至近海此時 bottom wire 應於隨時放棄之狀態下輕繞船桅一週觀測員一名等候行動。或 sinker (1)吊至近海面時因 sinker Ⅰ 與 current meter 間索長僅 1 m所以 sinker (1)與 current meter 之移動同時進行。又因current meter 易受衝擊，所以移動時應保持水平狀態輕輕移動搬運。

搬運 sinker人員須 2 名外，搬運 current meter另需人員 2 名。

(b)當 sinker (1)吊於船邊的狀態時輕將流速儀保持水平狀態留於海面並使尾翼部份充滿海水 current meter尾翼部份若充滿海水，以後其自身能保持水平平衡狀態所以置入海面時應以棒（ BAR ）按入海面，至海水充滿保持平衡狀態爲止。

且於此作業中由於波浪之衝擊current meter及人員可能有意外之事件發生所以僅在於兩波之間完成其動作。

(c) current meter 之尾翼充滿海水以後即能法持如圖三示形狀慢慢下沈至海底。

其操作要領如下：

（Ⅰ） sinker（Ⅰ） 與 sinker（Ⅱ)連妥後次連 sinker（Ⅱ) 與buoy（Ⅴ）

（Ⅱ） buoy （Ⅳ)之上部圓環以細尼龍繩穿過該繩以著底後能取

下爲宜。

(Ⅲ)bottom wire 與(Ⅱ)項中之尼龍繩同時徐徐放索。

(Ⅳ)沈至海面下約10m 與將bottom wier(Ⅰ)投入海中並以bottom wire Ⅱ支持sinker。

(Ⅴ)操作ⅢⅣ作業時觀測船應隨水流漂行。

(Ⅵ) sinker Ⅰ沈至海底前bottom wire(Ⅰ) 應作能充分伸長之狀態下，觀測船隨潮流漂行wire 自然會伸長待至其時爲宜。

若遇潮流較弱時可發動引擎隨潮流方向移動。

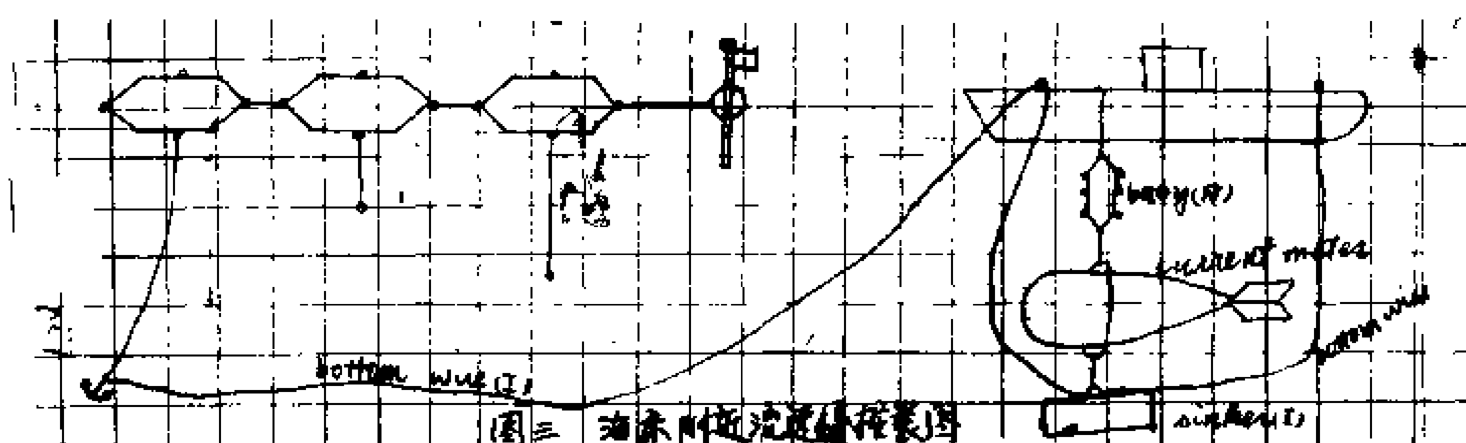
(Ⅶ) sinkerⅠ沈近海底時bottom wire (Ⅱ)應同時放索。sinker(Ⅰ)沈至海底同時cuire 拖引至不成鬆弛狀態，再將sinker(Ⅱ)及buoy Ⅴ投入海面。

以上底層current meter 之設置全部完成。

(d)觀測船停靠buoy(Ⅰ)之觀測。

(e)準備裝置上層及中層之current meter 。

(f)準備完成後，從buoy(Ⅱ) 及buoy(Ⅲ)下之wire 依次裝置current meter ，以上current meter 之設置全部完成。



圖三 海底附近流速儀裝置圖

四、器時計裝卸之方

OC－1流速儀如圖4所示，其裝卸之方法如下之步驟所示：

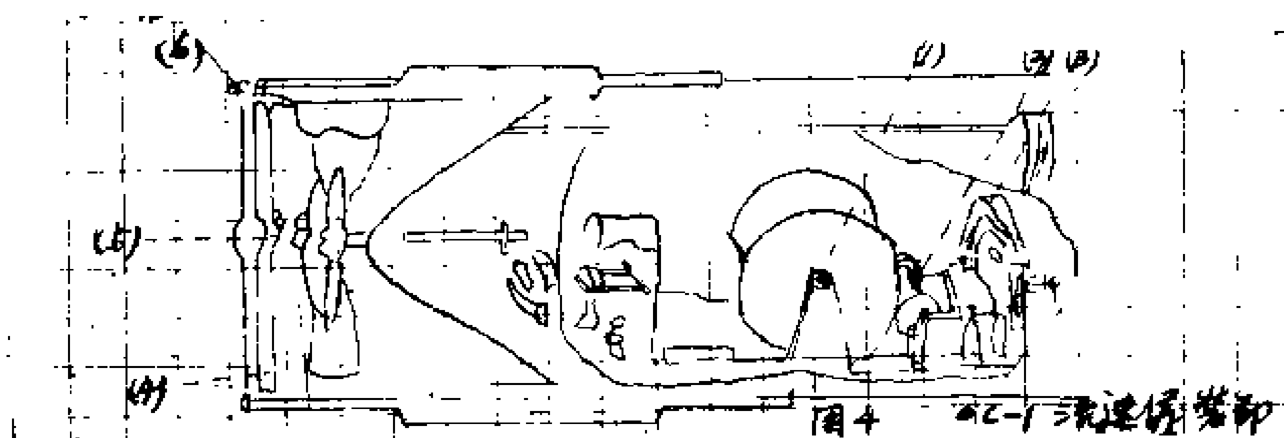


圖4 流速儀裝卸

①取下時計時光旋緊時計之發條為此鬆動軸端之螺絲（I） 並將軸壓入使 propeller 鬆轉。

由此旋轉 propeller 使與鍵孔相合插入鍵旋緊發條。

使③之爪稍作傾倒取出bobbin ②將凸緣（fiange ）之一方取下，裝入記錄紙 bobbin 依原樣裝回。

③記錄紙經過紙夾後將記錄紙端以膠帶粘於drum 軸上並旋轉一周半。drum 軸稍加引動使輪齒相合後，將螺絲（I）旋緊。記錄紙捲畢後 bobbin ②及轉使記錄紙緊伸④流速筆針及流向筆針裝妥。

⑤用吸水器將墨水分別加入流速筆針及流向筆針加入時加入量僅可及筆針容量之½該量可維持 2 — 3 日之使用加入筆針之墨水分色如下：

流速筆針……………………………………………………紅色

流向筆針：N方向…………………………………………紫色

E方向…………………………………………紅色

S方向…………………………………………青色

W方向…………………………………………橙色

⑥螺旋（ propeller ）裝置法如下：

鬆動⑥之螺絲傾斜④之支持棒，插入propeller 頭部之孔中尋“軸受石”之孔裝入。

若習車軸裝入軸受後用手指支住 propeller 使勿離開螺絲④旋緊之前，用手支住 propeller 並前後輕輕移動其間稍留之間隙應使前後移動時能

發出咔咔聲為度。然後旋緊螺絲。若無留餘隙或餘隙過大時調整軸受螺絲(5)後再旋緊(6)螺絲。

(7)以上之調整完成以後於自動記錄紙上填明觀測日期時分及propeller號碼，其後將時計裝入流速計體內。

此時流速筆針及流向筆針應保持離開記錄紙之狀態。

(8)用手旋動 **propeller** 檢視流速筆針及計時之操作是否正常。

(9)檢視正常以後裝上內器及外器之蓋之螺絲以對角方向為一組依次旋緊。以上項目為時針裝卸之主要操作程序。

五、結論

本文乃筆者應中國文化學院海洋研究所關世傑所長之託囑，根據施工之經驗所提供一點經驗，工業越發達精密化器越改進，我們也必須日愈求進，台灣過去安裝流速儀亦曾發生受波浪沖擊而使該儀器流失，亦曾發生儀器放置海中一週而未見記錄，但是我們雖遭數次失敗之經驗，但并不沮喪和氣餒，仍積極研究最好之施工方法並使任何困難使所得之資料正確，並派筆者赴日本研究潮流預報之理論，詳見筆者在國立成功大學土木研究所台南水工試驗所所刊行之「土木水利學術彙刊」民國六十五年二月，所出版第七卷中論文「二十五小時潮流觀測資料之解析」，終於辛苦得到補償，努力沒有白費，我們已能自己預報潮流，使外海卸油浮筒及海底油管施工與維護之工作幫助不少，願國內同志共同為海洋事業開發而投下更大的耕耘，我們也將樂於見到未來之成果。

電力來自海洋

一大衛・伍德布利吉博士著

陳　森譯

一、海洋之湧和波浪能源之直接轉換

湧和浪占海洋中能源的一大部，當一個單一水分子實際動盪於波浪中，經投影分析，僅得"上下"和"前後"運動而已。若想從波浪運動中抽取能量，必須利用二者其中之一。"上下"運動可產生垂直運動，如此，在海中任何一漂浮物會因每個波峰，波槽的經過而浮沉。

當一開口的管子延伸下至水中時，管中的水柱高度將和管外水面的高度幾乎相等，這是因流體靜力的平衡作用。若有一連串的湧和浪經過此管時，則管中的水亦會相應地產生一連串的漲落現象。由上面兩種現象的綜合結果，在水管中時可產生"振動"現象（Oscilation）。這種現象正提供我們利用湧浪能量以產生動力的方法。

如圖一中所示，當管中之浮桶隨著湧浪而起落時，這運動或其能量可經由機械或水壓式的聯接而傳導至管上面的昇降板，這種系統的運動作用，起因於湧浪經過時，在管外產生的水壓作用。

在管內壓力的變化爲：

$$dp = \rho g dz$$

p 一壓力

ρ 一海水密度

z 一高度

g 一重力加速度

當水柱高，dz，隨波峰波槽而變時，則管中之壓力，dp，亦隨水柱升

降而增減，則管中浮桶亦隨之升降，連帶地，管上的昇降板亦隨之升降，這種升降運動系統能提供發電所需的振動。

取薄片狀能導電的線圈，其一端連著　管上面的昇降板，另一端固定於管外的固定板。若在這二板之一或二者上裝上磁場，將產生 $d\phi/dt$ 的起電力（emf），依法拉第定律：

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

電場也可由圈內向圈外或繞著主線圈而產生，其 emf 為　　　：

$$\varepsilon = \frac{dw}{dt} = BLV$$

（註）　$\varepsilon = emf$

$\frac{dw}{dt}$ ＝ 功率

B ＝ 磁力感應（$\frac{Webers}{m^2}$）

L ＝ 導體長度（米）

V ＝ 磁場中導體速度（m/sec）

$\phi = BA$ ＝ 磁通量

在圖例一中，為試驗模型系統。波浪由槽之右端激起，在左端的為管狀裝置。線圈兩端和檢流計相連。當線圈在磁鐵上前後振動時，檢流計之指針先向右端擺動過去再擺到左端零之位置。

二、海洋湧浪能量轉換器電力產量之理論值

發電量：在電路中，電力決定於電路之物性變數。

$$P = IV' = \frac{V'^2}{R} = \frac{\varepsilon^2}{R}$$

I ＝ 電流

V' ＝ 電位差（$= emf = \varepsilon$）

R ＝ 電阻

故在考慮發電機的發電量時必須考慮到產生的電動力或電壓，以及發電機的電阻特性。

理論上，對發電力而言，先僅以單一振動線圈系統看來，即爲海洋波浪能量轉換器（Ocean Wave Energy Converter）的線圈直徑只一公尺長。若再增大倍數的線圈，其物理特性仍由此長度依此比例而增大。

本系統的變數爲：

C ＝ 線圈圓周＝ $2\pi r = \pi d$

$\therefore C = 3.1416(1.0)\,m = 3.1416\,m$

d ＝ 線圈直徑＝ $1.0\,m$

h ＝ 線圈被壓縮時之最小高度＝ 0.9

a ＝ 線圈薄片之厚度＝ $4\,mm = 0.004m$

b ＝ 線圈薄片之寬度＝ $30\,mm = 0.03\,m$

A ＝ 線圈橫斷面面積＝ $a \times b = 1.20 \times 10^{-4} m^2$

$\bar{N}$ ＝ 線圈總圈數＝（圈數／厘米）（h／厘米）

＝（2.5圈數／厘米）（90厘米）＝ 225圈

底下各種假設値爲依設計上所需而設定。

1. 磁場强度＝ $B = 10^4$ 高斯＝ $1\ weber/m^2$
2. 沿線圈運動的磁場實際長度： $S = 275$ 厘米＝ 2.75 米
3. 僅80%的圈數涉及發電作用： $N = 0.80\bar{N} = 180$ 圈
4. 任何一次，僅75%的線圈圈數在磁場中運動

   $\therefore N' = 0.75N = 135$ 圈
5. 僅75%的線圈圓周和磁場產生效應

   $\therefore C' = 0.75C = 2.3562$ 米
6. 若湧高一英呎，週期爲30秒，所以15秒鐘爲線圈每次運動經某一方向的所需時間。
7. 線圈通過磁場平均時間爲10秒（$= t$）
8. 線圈通過磁場速度 $V = \dfrac{\triangle S}{\triangle t} = \dfrac{2.75\text{米}}{10\text{秒}} = 0.275$ 米／秒

加上上面的變數，則

$$\therefore \varepsilon = N'BC'V = (135)(1\,weber/m^2)(2.3563m)(0.275m/sec)$$

$$= 87.48\,volts$$

又： $P = \frac{(V')^2}{R} = \frac{\varepsilon^2}{R}$

$$R = \frac{\sigma L}{A} = \frac{C\overline{N}}{A}$$

σ = 鋁之電阻系數 $= 2.63 \times 10^{-8}$ 歐姆米

$\therefore R = 0.155$ 歐姆

$\therefore P = 49.374$ 瓦特（爲最高發電量）

而在這種振動系統中，平均發電量爲最高發電量之一半

$\therefore \overline{P} = \frac{P}{2} = 24{,}687$ 瓦特 $= 24.7$ 千瓦

若同樣情形下，僅就線圈直徑增減時，其值各爲：

當 $d = 1.5$ 米時， $\overline{P} = 151$ 千瓦

$d = 0.5$ 米時， $\overline{P} = 1.6$ 千瓦

在圖表三中所示爲發電量隨線圈直徑而變的曲線

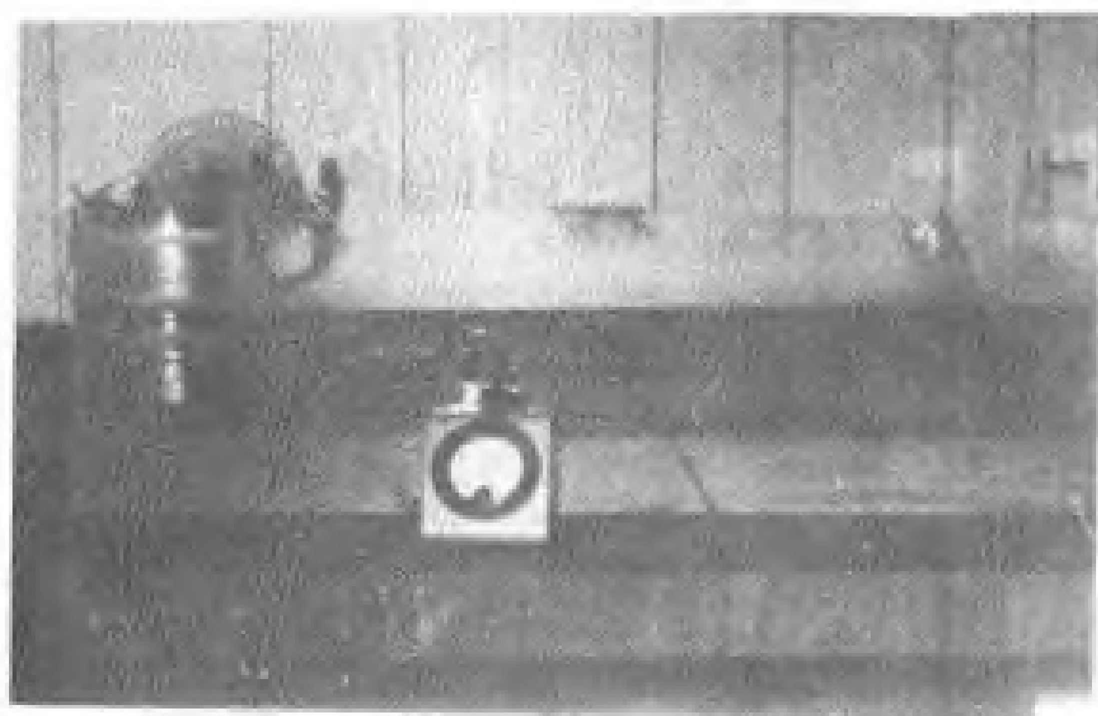
三、討論及綜結

以上計算結果，發電量是依振動器線圈之直徑大小而定，但線圈本身因需彈力，故有其大小的極限，此彈力完全視線圈之質料和寬厚度而定。但厚度減小，則整個系統的電阻增加，而減少電力的輸出量。壹合適的線圈大小尺寸和直徑只能由上面的實驗來決定。若同時有數種不同大小的線圈，則這些不同發電系統可符合各種不同的需求，並且這整個系統可大可小。

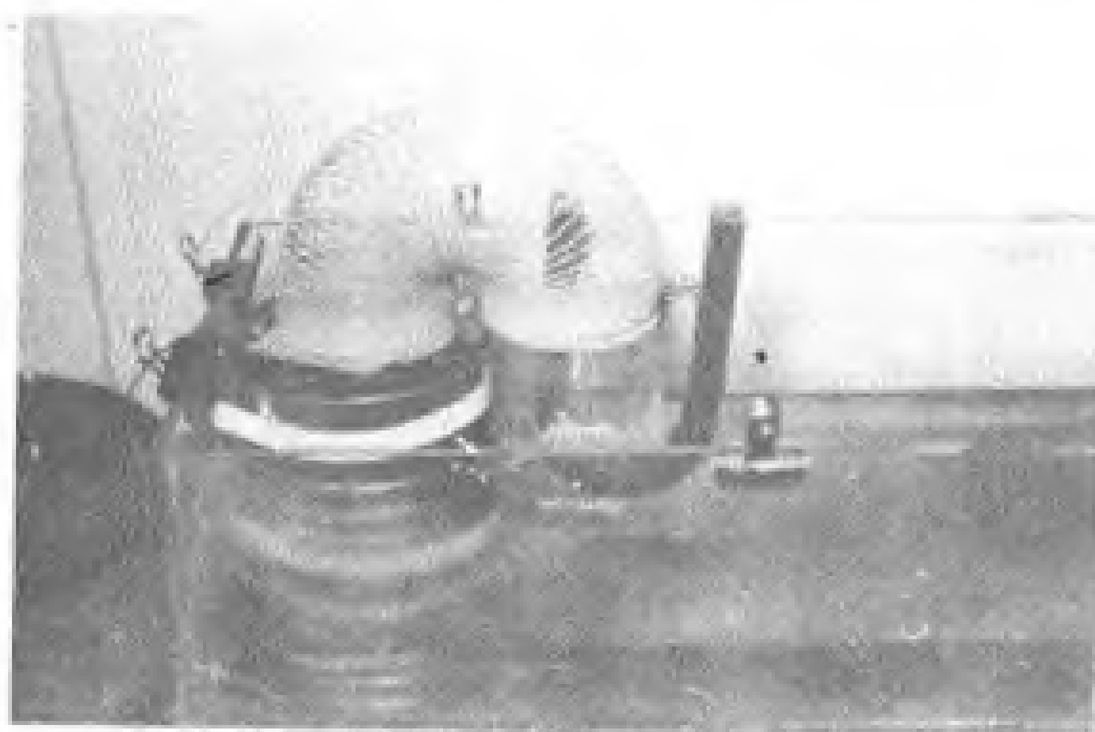
這種利用湧浪來發電的系統，有許多益處；二個主要者爲：

1. 完全沒有污染現象。
2. 能源不必花錢求之。

以佛羅里達州東海岸一般平均湧浪狀況下而言，所能產生的電位能量，經計算的結果，利用如圖例一、二式的系統（直徑爲36英吋，10,000高斯的磁場），一吊一振動發電系統，將可產生20,000瓦特的電力。而一個二百萬瓦特的發電系統則將需一百個這種發電系統而已。

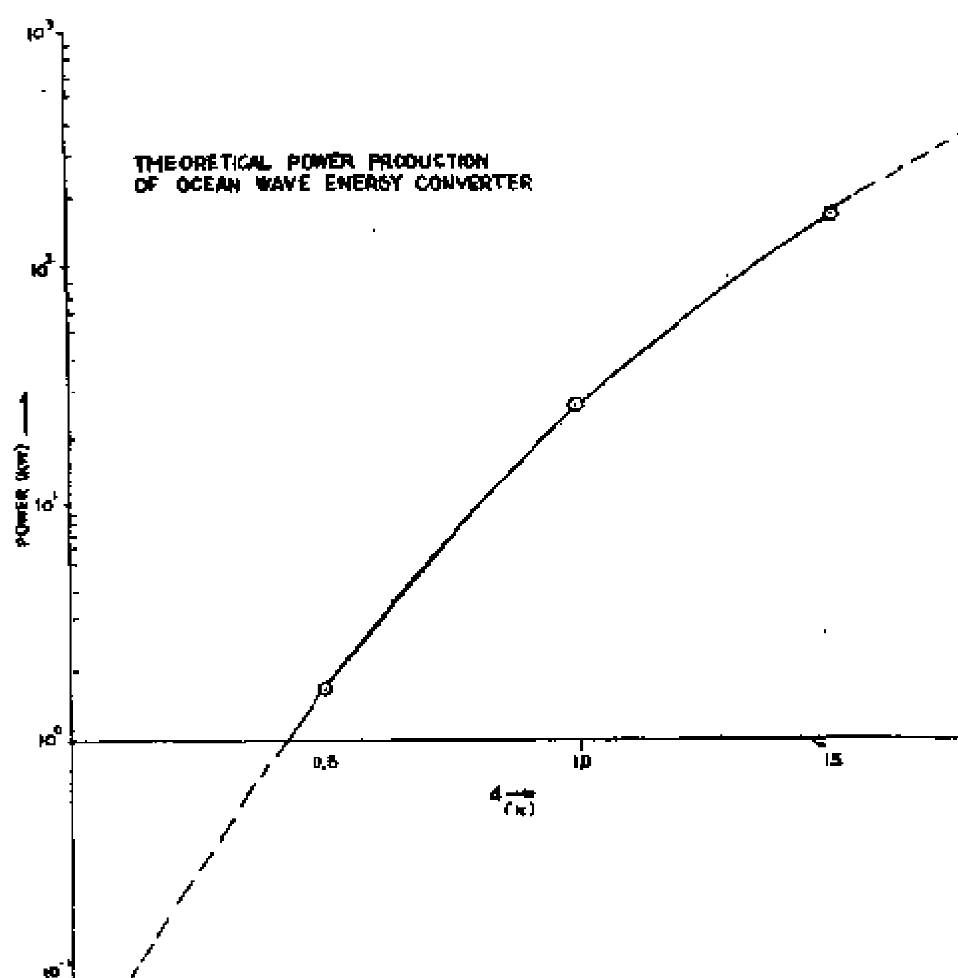


圖例一：Wave Tank and Energy Cauer Ter



圖例二：Energy Cawer Ter Sys Term

這種發電系統還有個好處，即佔地或所需空間不大，像防波堤狀之長堤延伸建築到海中，堤兩邊各有數個“T”型的構築伸出去。這種發電系統即可裝置其上。事實上，亦可光建在外海中，而只將電力導線連接到陸上即可。尤其可做爲外海中任何構(如外海探油站，氣象站，及海洋觀測站……等)本身電力的來源。至於外海島嶼則可自行發電而不需用石油等能源，以達自足，這種海岸波浪能量轉換器，將能大大地減少任何地區對石油的依賴性。

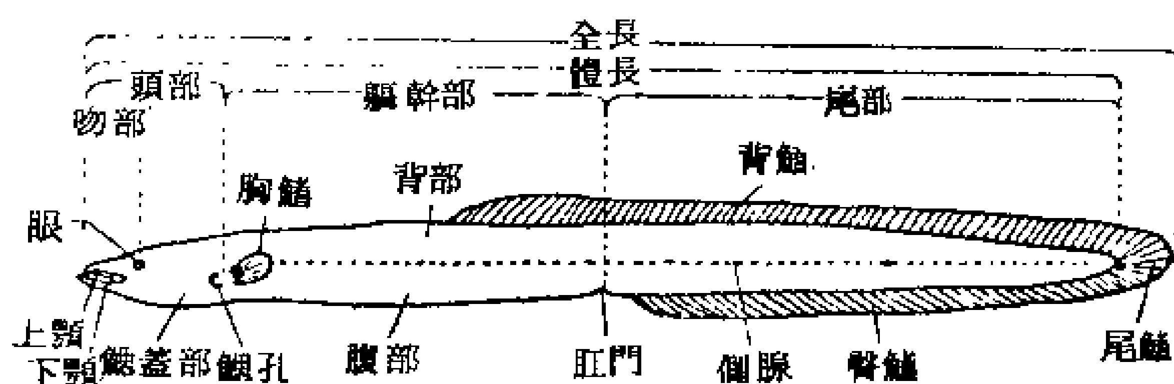


鰻魚的生理

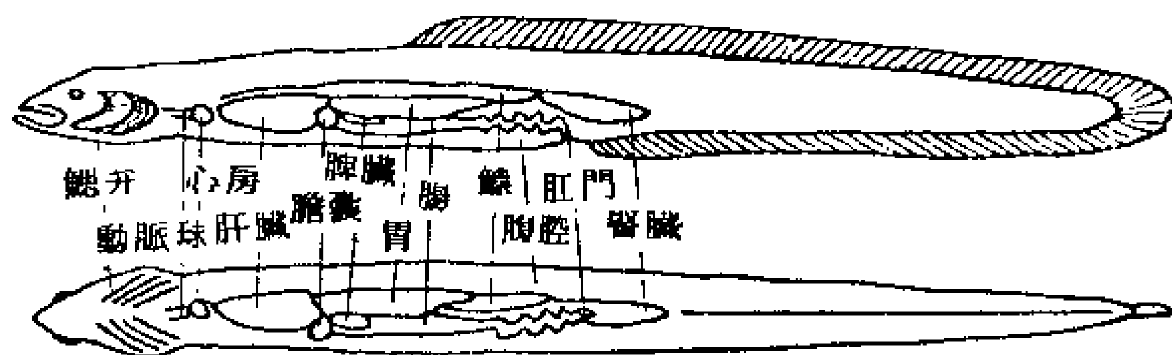
鄧火土

一、鰻魚各部位及諸器官的功能

發生養殖魚死亡時，明瞭其死因爲何，對於養殖業者都是極爲切身的問題。由於從外觀無法判斷的情況也很多，所以必須要解剖魚體以檢查臟器的狀況。在這種情況下，必須要具有鰻魚內臟諸器官的名稱、構造及其功能的正確知識。



鰻魚外部名稱



鰻魚內臟名稱

上圖表示鰻魚的外觀和內臟諸器官的約略解剖圖

從肛門朝向下顎把腹部的皮膚切開，開腹時，首先在前方較大的赤褐色肝臟，有圍繞食道、胃、腸的一部份，在肝臟中央部的左側具有隱藏於肝臟的一部份之黃綠色橢圓球狀的膽囊。連接肝臟的後端可以看到胃的盲囊部。在胃的右側雖可看到腸，但幾乎都直通到肛門為止。在腸的背側有白色的鰾。在胃的盲囊部和腸之間而附着於腸管的白色細長器官為胰臟。並可看見在肛門後面的暗紅色腎臟，此腎臟隨着脊椎骨延續到頭部。

茲將各器官的功能簡單說明如下：

1.肝臟的功能

肝臟可擔任很重要的功能，但大別可分為下列四個項目。第一項是肝臟可製造膽汁。其二係腸內吸收之葡萄糖等單糖類，在此處變成肝糖而貯起來，這些肝糖在必要時再轉變為葡萄糖，從血中輸送到筋肉及其他組織供做能源。其三係將氨基酸合成各種蛋白質，並且也可以由蛋白質形成肝糖和脂肪。第四項是將體內產生之廢物和有害物質以及細菌等變成無害物質，可充當解毒和殺菌作用。

2.膽囊的功能

由肝臟製造之膽汁，一旦貯藏於膽囊，被濃縮之後在必要時可分泌到腸內，在腸內消化和吸收脂肪時擔當重要的任務。

3.胰臟的功能

一般魚類的胰臟器官都不明顯，用肉眼很難看到，但是鰻魚的胰臟却是例外的情況，是很明顯的器官，在此處製造分泌含有許多消化酵素的消化液（胰液），以分解碳水化合物、蛋白質、及脂肪。

4.脾臟的功能

鰻魚的脾臟生長在腸的始端和胃的幽門部附近之背側，呈暗紅色長橢圓體的形狀。其任務為貯藏血液以調節循環血液量，製造新血球及處理衰老血球和異物。

5.腎臟的功能

腎臟的主要生理作用是尿的生成和排泄。尿的生成具有兩層意義，一者為排泄廢物，再者為維持正常的體液組成。雖然在生物體內各個細胞經常經營激烈的代謝作用，但是包圍這些細胞的體液都有一定的性狀，因此

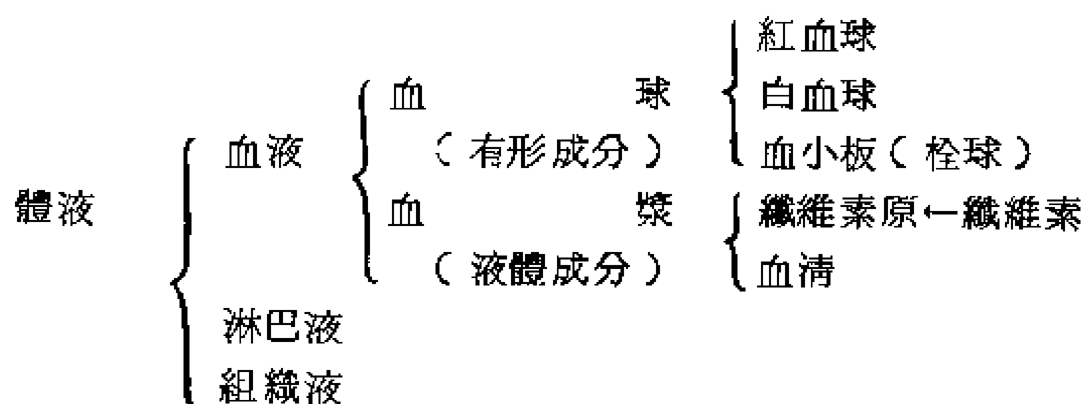
腎臟以排泄尿液來修正通過物質的過量不足。

6.鰾的功能

可做爲調節魚體比重的任務和聽覺補助器官。

二、血　液

血液和淋巴液以及組織統稱爲體液，而血液可再細分爲下列的分類。



使血液不停地流動的任務具有重要的功能，其主要機能有下列數種。

1.輸送組織和細胞活動所需的氧氣，運出活動所產生的二氧化碳（呼吸機能）。

2.輸送葡萄糖及其他魚體活動和發育的必要物質，並且運出所產廢物（營養機能）。

3.輸送賀爾蒙以調節體內各種機能（體液性調整機能）。

4.調節和適應外界的各種因素、溫度和水質等所產生的影響。

5.從白血球等獲得免疫性以抵抗病原菌侵入。血液並可做爲其他有關細小的種種功能。

要判定魚類的健康狀態和營養狀態，往往要檢查其血液，但是負有如此重要任務的血液却很容易受到餌料質量的適否、環境、疾病等種種因素所影響，由於其性質極易變化，所以只能大致判斷其健康狀態。

下列所示爲鰻魚健康時和病態時的幾種血液性狀〔註〕紅血球數：血液 1 mm^3中的紅血球數

血球比容值：血液中血球容積的比例（％）血中含氯量：血漿中的氯離子濃度（meq／ℓ，毫克當量數／公斤）。

(1)健康時的紅血球數和血球比容值

雖然隨飼料環境、水溫、餌料、給餌率、及絕食時而異，但可用下列數例表示之。

由下表明白顯示，血液性狀的個體差很大，並且隨各測定者，其數值顯然不同，但却可約略窺見其正常值爲紅血球數 200 ～ 330 萬，而血球比容值爲 30 ～ 40 %。

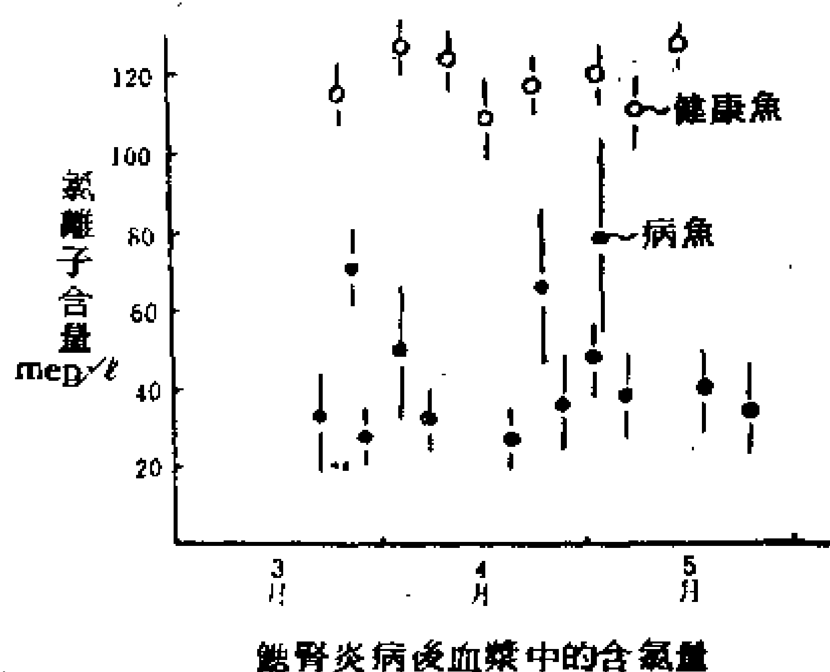
測定者	紅血球數萬／mm³	血球比容值%
川本	255 (222 ～ 271)	39.0 (23.0 ～ 53.2)
保科	272 (230 ～ 333)	33.7 (27.1 ～ 43.8)
靜岡水試浜名湖分場	221 (155 ～ 293)	31.4 (21.5 ～ 43.0)
日配燒津分場	286 (173 ～ 356)	33.7 (23.0 ～ 41.3)

(ii) 病態時紅血球數和血球比容值的變動

本質的貧血和其他疾病所引起的貧血時，由血液性狀的變動情況很容易就可推測得知，下表爲檢查赤鰭病、鰓病、腹水病的結果所表示的數值。

鰻魚的狀態	測定者	紅血球數萬／mm³	血球比容值%
健康魚	保科	272 (230 ～ 333)	33.7 (27.1 ～ 43.8)
赤鰭病(輕症)	保科	283 (215 ～ 372)	32.7 (20.7 ～ 46.8)
赤鰭病(中症)	保科	226 (202 ～ 240)	27.2 (21.7 ～ 36.8)
赤鰭病(重症)	保科	121 (55 ～ 191)	18.0 (12.4 ～ 23.5)
鰓病	江草	121 (43 ～ 211)	12.7 (8.5 ～ 16.7)
腹水病	日配	151 (62 ～ 209)	18.8 (8.0 ～ 24.3)

罹赤鰭病的輕症鰻魚，其數值之上限與下限的範圍較健康魚大，俟成爲中、重症魚時則其數值急激下降，從血液性狀的變化卽可適確獲知疾病的進行狀態。並且詳知鰓病和腹水病的病鰻會伴隨嚴重貧血症狀發生。



鰓腎炎病後血漿中的含氯量

三、鰓腎炎病鰻的氯量變化

鰻魚血漿中之氯離子含量為100～140 meq ／ℓ之間，在攝餌期4～12 月間較高，而在絕食期（1～3月）則有稍為降低的傾向。但是鰓腎炎病鰻血漿中之含氯量比健康魚有顯著的降低，並確知其降低程度顯著者被害較大。

四、鰻魚的耗氧量

鰻魚用鰓和皮膚吸收溶解在水中的氧氣（稱為溶氧，普通1公升水中約含有5～8毫升）而生存。鰻魚之耗氧量隨水溫、魚體大小、環境良否、活動時、安靜時等而各有不同。

1水溫與耗氧量

鰻魚的耗氧量在水溫 10 ～33 ℃時，大致係隨水溫上昇而呈直線增加。當 10 ℃ 以下時鰻魚的活動就變成很不靈活，其耗氧量幾近於零。

並且當高達約 33 ℃ 以上的高水溫時則其耗氧量也會急激減少，這是由於高溫時攝取氧氣不方便所致，例如雖然血液必須經常補給新鮮氧氣，

但是一旦成爲高水溫則血液的氧氣吸取能力顯著降低，水中的溶氧量隨水溫上昇而逐漸減少。並且當接近鰻魚本身的致死溫度（日本鰻爲 36～38 ℃）時，神經系統機能就會產生障害。

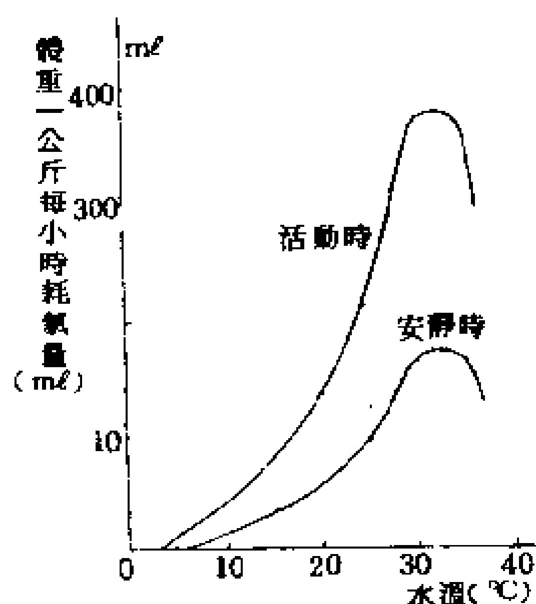


圖 1 水溫與鰻魚耗氧量

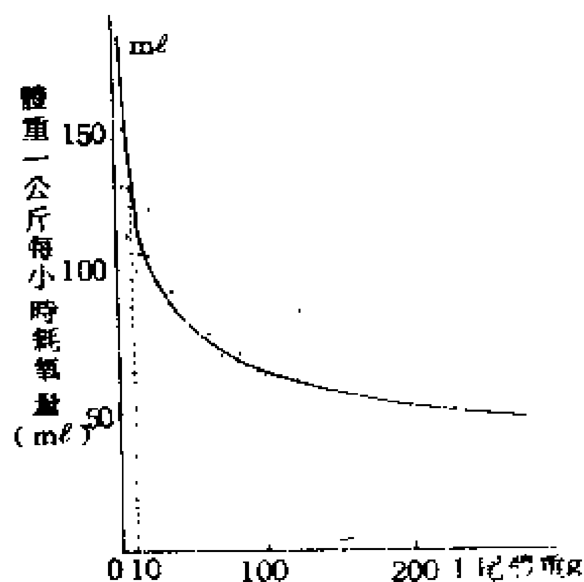


圖 2 鰻魚大小與耗氧量（ 25 ℃）

圖 1 表示水溫與活動時，安靜時耗氧量的一例，活動時之耗氧量爲安靜時的 2～5 倍。

2 體重與耗氧量

大鰻比小鰻的耗氧量多，但是在 25 ℃ 時換算鰻魚一公斤每小時的耗氧量却反而減少。例如同樣一公斤的鰻魚，10g 的鰻魚 100 尾的耗氧量約爲 100g 者 10 尾的兩倍。鰻線池容易導致浮頭現象係由於小型鰻魚需要大量氧氣所致。

3 浮頭現象與溶氧量

從鰻魚的生態來看，對於低氧量有較強的抵抗力。但是水中的氧氣與空氣中的氧氣不同，其含量極易隨環境而變化，往往也有急遽缺乏的情況。例如在湖靛濃密的池塘，黎明時的溶氧量僅有白天的數分之一而已，並且有動植物性浮游生物異常發生的池塘和泛池的池塘，已悉知會引起顯著的氧氣缺乏現象。

鰻魚對於最少限度氧氣量的耐性，雖然隨水溫而有所差異，但是通常

每公升水爲２ＣＣ左右。當有過量的硫化氫和二氧化碳發生時，氧氣在２ｃｃ以上也會有斃死現象。

因此爲了防止浮頭，必須有效利用憩場和水車，全力補給氧氣。

漁業資源量的探討

曾文陽

一、前　　言

從事漁業資源的探討工作是利用簡單的數學知識，在不同海區，依魚類的分佈、做生長率、死亡率、生存率的比較，以估計魚類的生長情形及生產量。

要從事漁業資源量的探討工作並不是單單利用數學公式就可以得到的簡單估量，而是用精細的方法，將海洋與淡水動物的生命歷史，以數學頭腦加以分析，再將所得到的數值予以估量而得。

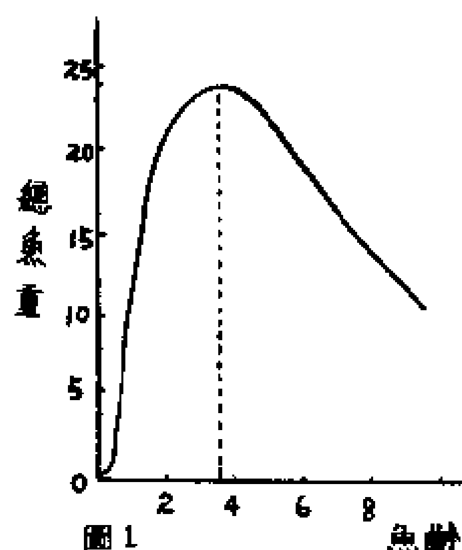


圖 1

二、漁類資源量的生物背景

魚類生產率與死亡率的關係決定資源量的大小。現以每年20％自然死亡率，在沒有漁獲的情形下，做一簡單的估計：

圖 1 指示魚的總重量，顯示魚齡在3.5年時該魚重量最大。因此，可在圖 2 中略知魚在 100 ％該年齡的死亡率

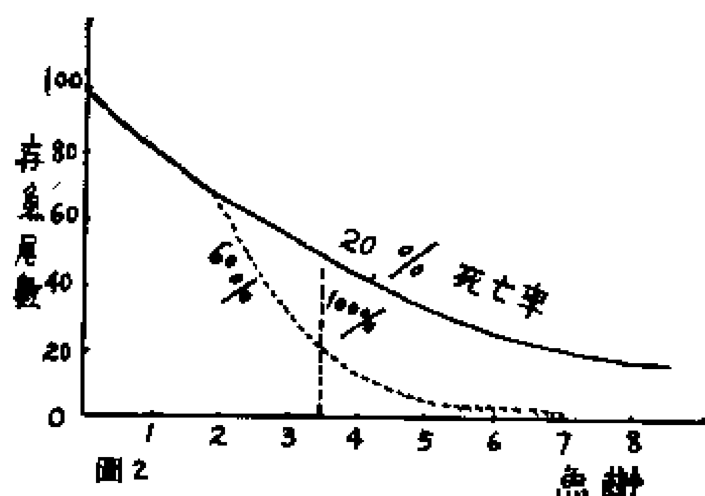


圖 2

。在海洋漁業中，如何避免每次出航時，捕獲量太少，而失去經濟價值，將爲我們今後的主要課題。通常魚齡在 3.5 或約大於 3.5 時，將爲吾人捕魚之最好時節。由於很少魚類會同時處在捕魚的有利年齡，故每年的魚總生產量均不可能達至最大，現在讓我們想想，爲什麼魚的捕獲量和資源量和漁船的多寡有關，此原理在海洋漁業中，可用簡單的單拖漁業做一說明：船量增加，則魚齡在 3.5 的數量將減少，以致於生存魚的平均年齡降低，因此爲了保護漁業資源，在捕魚時應盡量用大的網目，這樣才能使平均魚齡再增加。

船數（No. of ships）	每艘船漁獲物之組成（依年齡（重量）而分別）Composition of catch by one ship (each fish designated by it's age = weight)	平均魚齡 Mean age with minimum age limit (years)				最高捕獲量 Highest obtainable total yield	每艘船可捕量 Coresponding catch in weight per ship
		0	1	2	3		
1	0 1 2 3 4 5 6 7 8	4.0	4.5	5.0	5.5	36	36
3	0 1 2 3 4 5 6 7	3.5	4.0	4.5	5.0	84	28
6	0 1 2 3 4 5 6	3.0	3.5	4.0	4.5	126	21
12	0 1 2 3 4 5	2.5	3.0	3.5	4.0	168	14
25	0 1 2 3 4	2.0	2.5	3.0	3.5	175	7

當然，上例是十分人爲化的，在上欄中所謂〃每一條船之漁獲組成：指示每一條魚的魚齡，其實亦可用重量kg表示。由高魚齡的捕獲量亦可說明死亡率的情形。

一條船很難從存量中，獲得足夠且平均魚齡超過 3.5 年的魚，此儲存量是爲缺漁（Underfish）。三條船獲得平均魚齡 3.5 年時，稱之爲適漁（Eumetric fishing）。六條船獲得平均魚齡低於 3.5 年時，則爲過漁現象（Overfishing）。如果把魚齡低於一年的棄掉不算，而魚齡復爲 3.5

年，則亦爲適魚。爲了避免過漁現象，增加船船數目相對關係，將此兩項適當的調整，吾人將可得到正確計量之漁獲量。

一定船數之最高總生產量，是由適漁所獲得。

整個船數所正確計量之總生產量，和每條船正確計量的漁獲量（Fig 3）與船數間的關係可明顯的看出：一條增加時，則另一條降低。

三、正確計量捕魚的調節

上圖點A顯示一種過漁現象，最低漁獲年齡很難適合船的數目，因此要考慮調整最低魚齡極限或船舶數目，最好利用已知船數（20），以增加最低魚齡極限到這範圍，圖3垂直移動A點至正確計量曲線（從1.5年至2.4年）。經過一短暫的降低，圖4、5中，顯示每條船漁獲量增加，表面上說，僅需控制最低魚齡的極限，實際上因增加船舶的數目而增加漁獲量，亦因爲如此而產生過漁現象。事實上，吾

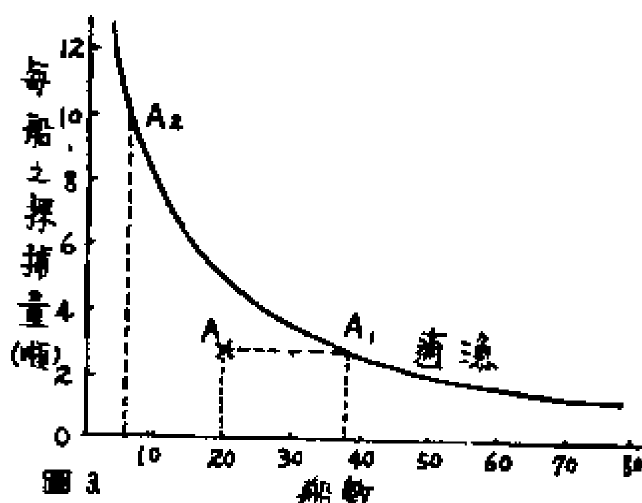


圖3

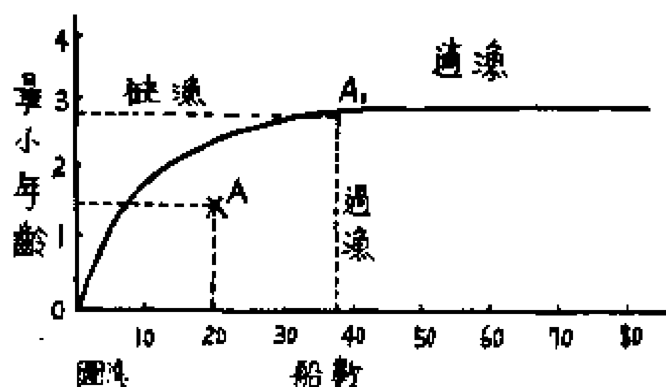


圖4

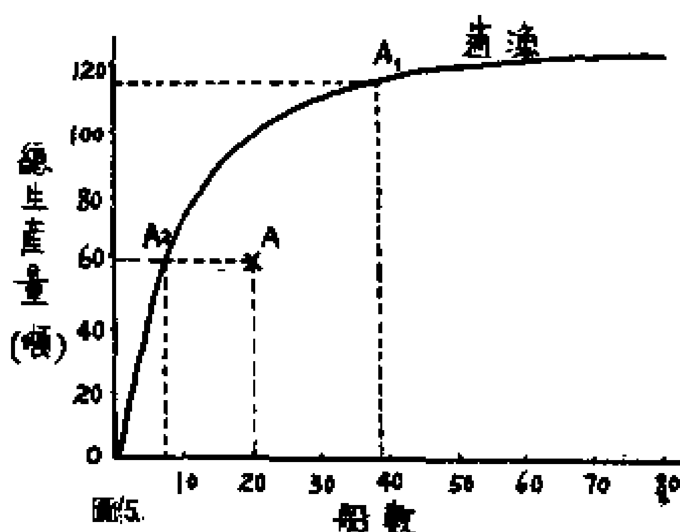
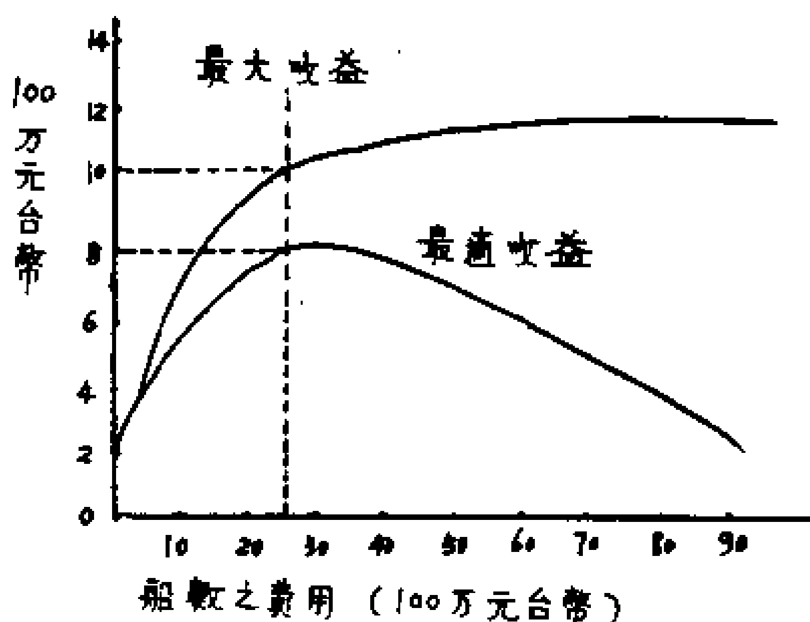


圖5

人要精確地控制最低魚齡與船舶數目，下列爲極普遍的方法：

針對正確計量值（Eumetric values）調整最低魚齡極限（ Adjustment of minimum age limit ），以增加總生產量。設每一魚船漁獲量保持一定，則需增加最低魚齡極限，決定如下：



圖〃5〃中點A平行移動至正確計量曲線〃A〃，此正確計量的漁獲值，是由38條船所得（每條船捕獲量相等），然目前船舶只有20條，在圖 3 ， 38 條船正確計量曲線上面〃A〃表其最低魚齡極限爲 2.9年，38條船的正確計量（最低魚齡極限爲 2.9 年）的總生產量爲 114 噸。

又如： 20 條船，最低魚齡限制爲 1.5 年，每條魚船漁獲量爲 3 噸，則總漁獲量爲60噸，若平均最低魚齡極限改爲 2.9 年，則每條船之漁獲量降低，因較小魚齡被消除，小魚逐漸成長，每條船漁獲量漸增，更多的魚船進入魚區，則漁獲量更大，其利亦更大，每至此時期，每條船的魚獲量又開始逐漸減少。直至到達原來水準爲止。當最低魚齡極限爲 2.9 年，則38條船每條船捕 3 噸，總共114 噸。

調整船舶的數目，使每條船捕獲的正確計量值增大，總產量不變。

圖 4 ， A點水平移動至正確計量曲線A_2上，由圖 4 ，知船數爲 6 ，每艘船之捕獲量爲 10 噸。

又如：20條船，平均最低魚齡極限爲1.5年，每船捕 3 噸，總共60噸。14艘船從此海區移出，在捕捉前讓它成長。則每條船漁獲量增加， 6 條船，在最低魚齡極限爲 1.5 年時，每船捕獲量 10 噸，共 60 噸。

同時正確的調整最低魚齡極限及漁船數目，可得最大的利益。

爲了簡單化的緣故，假設用 100 萬元台幣經營的船舶。其所收獲的魚價值，每噸亦爲 100 萬元台幣，則船隻的數目及生產量可簡易的以貨幣表

示，例如：以1,000萬元台幣經營10艘船，由正確計量捕魚可得6,000萬元台幣價值，獲利5,000元台幣。以3,000萬元台幣經營30艘船，魚獲量值11,000萬元台幣，則獲利 8,000萬元台幣。圖6中爲正確計量利益曲線（The eumetric profit curve），有一明顯的最大值，它指出25艘船獲利8,100萬元台幣的情形，圖3中指出25艘船正確計量捕漁，必須最低魚齡極限爲2.6年。

在海洋漁業中，漁船數目往往難以控制，故應極力避免海上作業人員過高的收益，如此，無非是爲增加魚區及避免漁業減產着想。

四、最低漁齡漁獲的管理法

有三種方法防止幼魚被捕：①法定最小的捕獲魚。②最小的捕魚網目或釣鉤。③封閉養殖場。其利弊分別如下：

①在好的條件下，讓小於法定最小捕獲魚釋放，此法可在甲板上做（包括魚的分類與度量）。檢查亦極方便。因港口就適合檢查。

②此法對幼魚最爲適合，因爲根本沒使幼魚離開水面。但此法有一困難，同網目，不同材料的網，捕獲魚的大小就有不同，同時檢查亦較困難，必須在海上行之。

③此法把幼魚移開，將不受魚區的影響，此法使得幼魚與成魚間呈現了顯著的分隔，在某一幼魚的養殖地區，若有他種成魚出現，則封閉養殖地區不太實際。船舶的大小或機械的限制，用在養殖地區是非常有利的，如果幼魚在此漁區逐漸成長至成熟期，則其第一魚齡限制，爲第一成熟期。

五、控制漁獲努力量之意義

假設漁獲努力量是隨船隻數目而變，對於某一定資源量或死亡率而言，事實上，所有的船很少有相同的大小，相同的馬力與相同的裝置，當某一特定船隻的漁獲量假設爲一單位時，則此船可設爲一標準船。一個更大或更好的船，當它捕獲兩倍標準船的漁獲時，即爲兩單位的漁獲努力量。可見，目前拖網的改進爲一現實問題。

下列爲控制漁獲努力量的方法

㈠控制漁船的數目（或者間接控制漁船的建造）。

㈡控制漁船的漁獲效力。

a 船的大小，引擎馬力、漁獲裝置的大小或數目。

b 季節的控制或總生產量之限制。

控制船的數目，允許每一條船盡可能的漁獲（最低成本）。別的方法似乎會增加成本，有時，在海洋漁業中，漁船不能控制，則無法統計其數目，因此，增加一單位漁獲努力量的成本，就很難獲得一單位的生產量。

浮游生物之生態適應

譚天錫　謝　偉

生物生存於各種環境裡，器具的發展在演化的意義上就是藉著這種特殊的發展，使之更能應付環境上的問題。

我們知道所有動、植物不論其生存環境如何，一生之中總會有一段時間著陸生活。唯獨浮游生物可以一生不必著陸。顧名思義，所謂浮游便是散佈水中而隨波逐流的意思，當然無法自隱形跡，而趨吉避凶。故而環境改變的時候，便遭遇到一連串問題。因此浮游生物的自體構造、營養、形狀及生長均與其它生物有很大的差異。

在海洋裡，浮游生物所面臨的幾個適應上的問題，如下：

一、漂浮 (Flotation)

浮游生物所面臨最重要的一個問題，就是漂浮。不論是動物還是植物，其細胞質 (Protoplasm)及骨骼 (Skeleton)均較水重。故其除非有特殊的器官可預防，否則一定要下沉的。也就是說浮游生物要想繼續浮游，必須得防止，或至少阻礙其下沉才行。

一、Floating Principle

由於身體密度比水大，故在無外力影響下 (如體內之浮囊，水的對流等)，它們必然是下沉的。Ostwalds認為沉降速度 (Sinking speed) 可由許多因素來決定，在無外力影響的狀況下他導出一個公式：

$$\text{沉降速度} \propto \frac{\text{過重}}{\text{外部摩擦} \times \text{內部摩擦}}$$

過重 (excess weight)是指浮游生物超過其同體積水的重量。外部摩擦 (external friction) ；指自身外形之構造對環境之抵抗而言，爲浮游生物本身所控制的因素，稱爲沉降之第一條件。內部摩擦 (Internal friction)指浮游生物生存介質之性質而言，主要指黏性 (Viscosity)

，不能由生物來控制，稱沉降之第二條件。

根據實驗，黏性受鹽度及溫度影響甚大。而黏性又影響沉降速度甚巨。

當T爲固定，鹽度S愈高，黏性愈强而沉降速度愈小。若鹽度一定，則溫度愈低，黏性愈大。其中受溫度影響者爲最大，如果鹽度不變水溫爲0°C時將比25°C之黏度增大一倍。故溫度低是有助於浮游生物生長的。

在此要特別一提的是季節溫度變化，所引起浮游生物本身的適應變化。例如有一種淡水性的浮游生物Arthropoda中之水蚤類（Daphinia）夏季其吻（rostrum）大而長，冬季則大多變得短而小。另一類海水性浮游生物鞭毛類（Dinoflagellate）中之山字藻（Ceretium），其spine夏季較長，而冬季一般均短。推測其原因，蓋水溫愈高，黏度愈低，沉降速度愈快，而浮游生物唯有增加對水的摩擦才能減低沉降速度。

二、Method of Floating

浮游生物要想浮游，只靠本身的運動是不夠的，必須要一方面減低過重，一方面增大外部摩擦，才較容易浮游於上層水域。歸納其浮游的方法，如下：

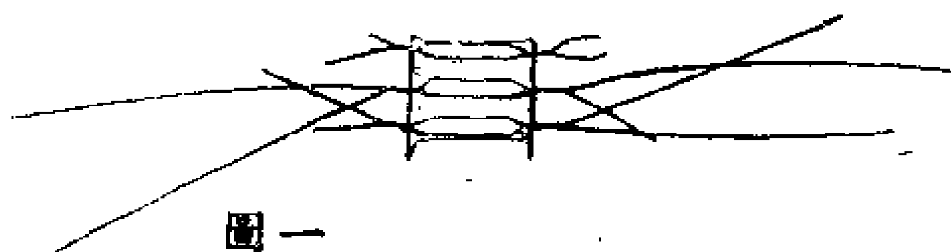
1.減小體積，增加面積。

典型的浮游生物均是藉以體型小來維持浮游性。比方說，一物密度爲1.2g/cm³，每邊取1cm則其體積爲1 cm³而面積則爲1×1×6 cm²，如果將之由中央割開成八個小正方型，其體積雖然維持不變，但其表面積却爲0.5×0.5×6×8=12 cm²，比原來的表面積增大一倍。所以說小體積可增大面積與體積之比。換言之，浮游生物體積愈小，其對水的摩擦力，隨也會隨面積之增大。所以浮游生物中除原生動物（protozoa），輪蟲類（Rotifera）這些當然小的一群之外，一般都較底棲性，游泳性的幼體小些。在海洋中小型浮游生物（Nannoplankton），微小型浮游生物（Microplankton）爲浮游生物的最主要部份。雖然大型浮游生物（Macroplankton）很明顯，不過在數量上却少的多。例如1946～1947年加州西海岸所發生有害的赤潮就是由於Gymnodinium這種鞭毛類所引起的。其體型約0.03×0.03×0.012mm³之小，但含量却高達6×10⁷ liter之多。

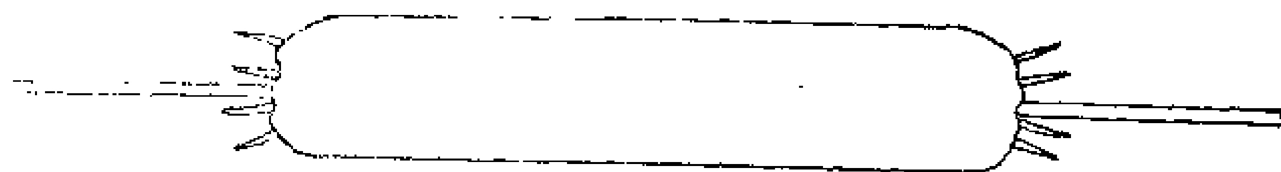
2.特化長刺或針狀變形

許多浮游生物爲保持浮游，常特化其器官或把自身特化成細細長長的，以增加浮力。

例圖1這是diatom中之一種很重要的屬Chaetoceros的細胞，其四個角上都長有刺，這種刺僅增加表面積，而不增加其體重或體積。諸如此型者還有Bacteriastrum，Biddulphia，及圖2的Dityfum。

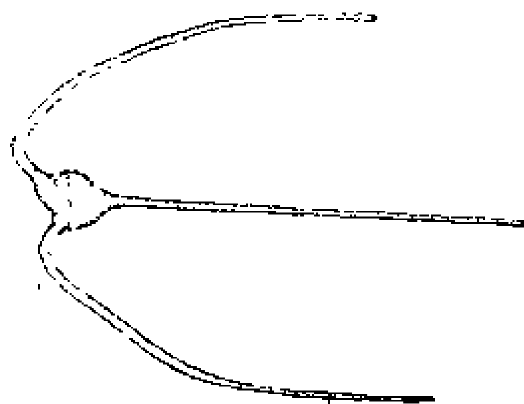


圖一



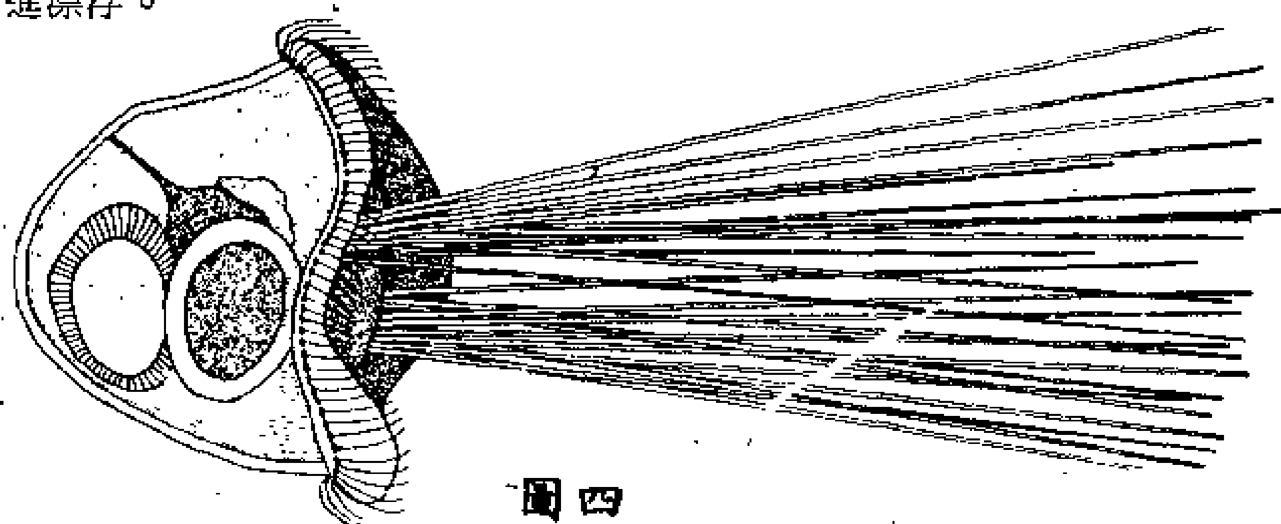
圖二

圖3是前面提過的一種dinoflagellates叫做Ceratum，長有很長的角，類似浮游動物之長刺。



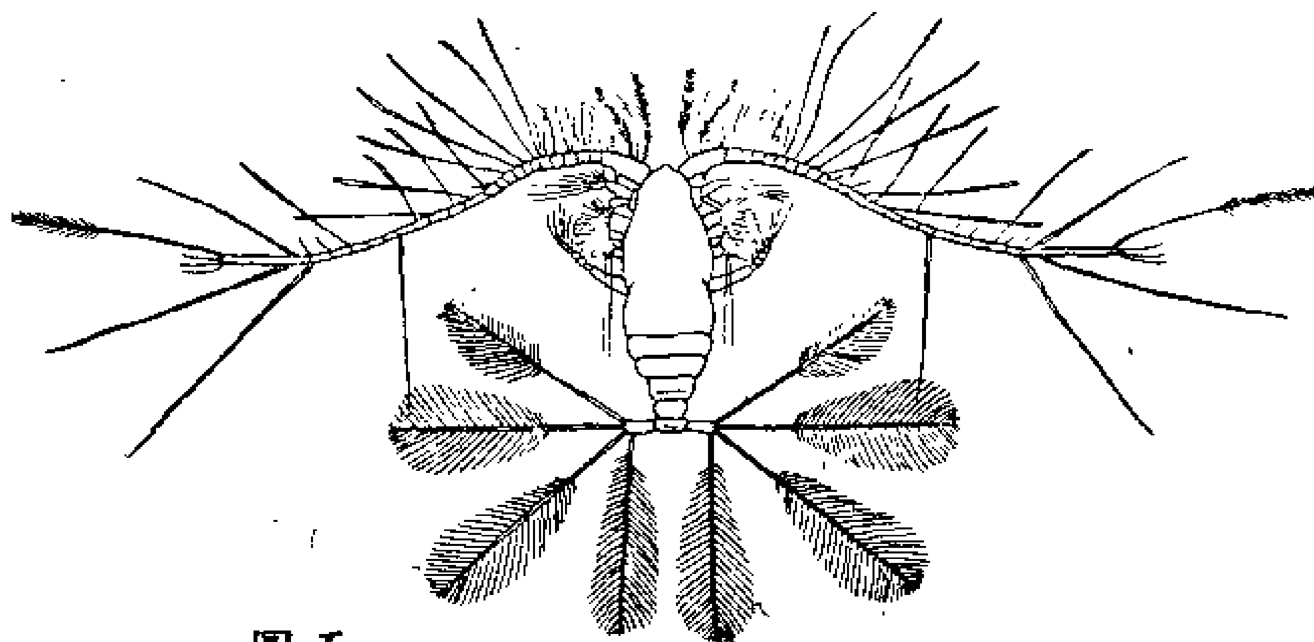
圖三

圖 4 爲 Polychaeta 多毛類之幼蟲，常有巨大之 Setae（剛毛）以促進漂浮。



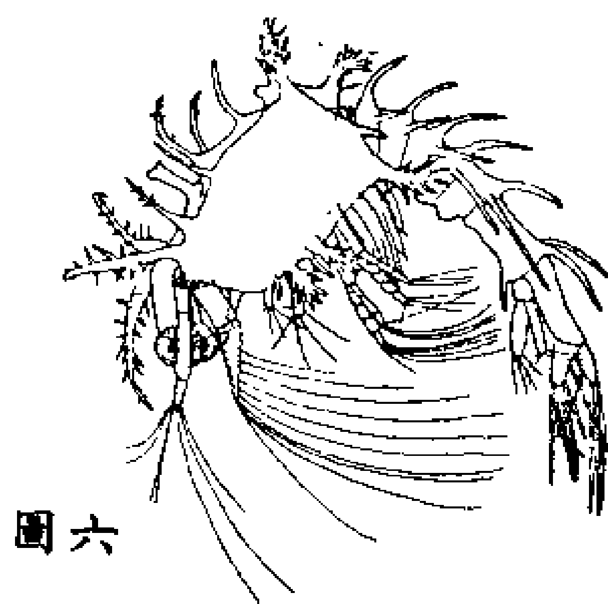
圖四

圖 5 爲 Calocalanus pavo 是一種大洋性的橈脚類，常具羽狀 furcal setae 尾部剛毛。



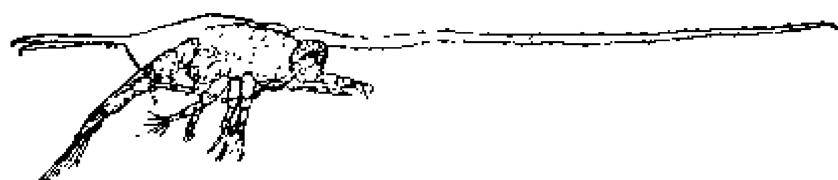
圖五

圖 6 爲 decapoda 十足類 Solenocera的幼蟲。



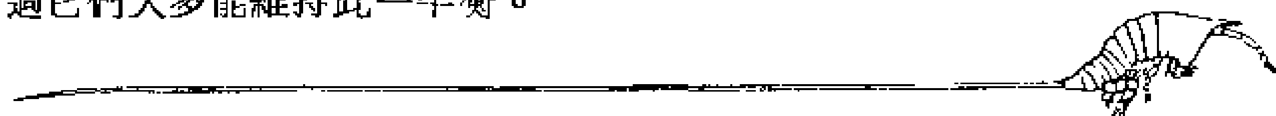
圖六

圖 7 亦爲十足類Porcellanidae 的幼蟲。

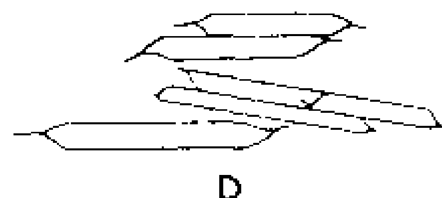


圖七

圖 8 Aegisthus mucronatus 及圖九矽藻類的Rhizosolenia均能發展成針狀，似水平姿勢停在水中。但若萬一直立，不是會很快下沉麼？不過它們大多能維持此一平衡。



圖八



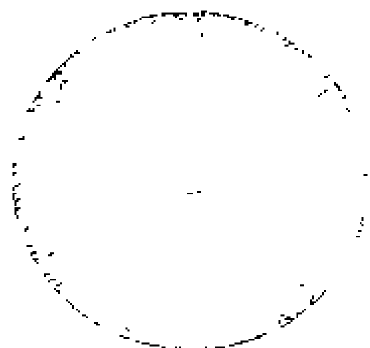
圖九

另外，如有孔蟲（ Globigerina ）身體四周佈滿長刺。許多大洋性橈腳類及魚類的卵，亦具有長刺。某些棘皮動物（ echinodermis ）的浮游性幼蟲具有肉足（ fleshy arms ）等等均屬此類特化。

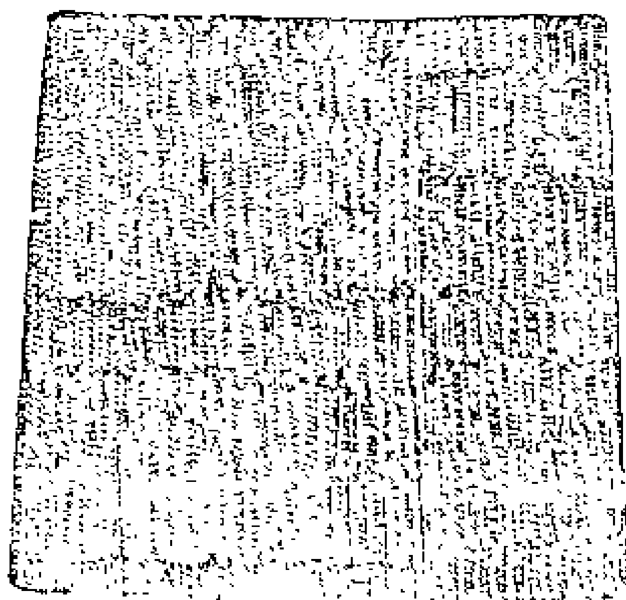
3.形成餅狀或絹帛狀

以此形狀存在，沉降速度大大受阻，下沉時會向側方擺動，如紙片一般落地。

例矽藻類 diatom 中 Actinoptychus 如圖 10 即餅狀。而圖 11 為另一種矽藻形成絹帛狀來阻止下沉。

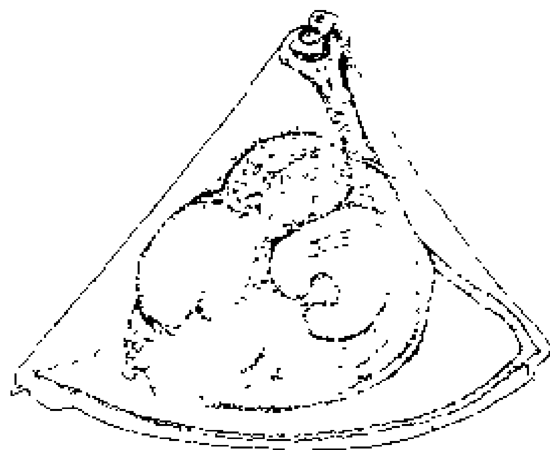


圖十



圖十一

圖 12 為苔蘚蟲（ bryozoan ）中 Cyphonautes 的幼蟲形成扁平的三角形。



圖十二

圖 13 爲 brachiopod 中Lingula的幼蟲形成扁平的圓形。

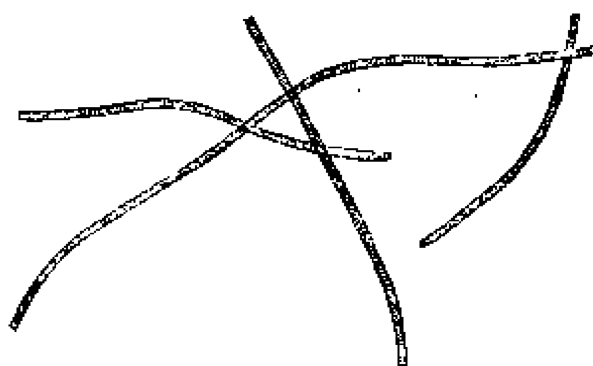
圖十三

另外，扁形的浮游動物有水母 je.lyfish 中的 Obelia和 Aequorea 以及橈脚類中的Saphrina 均屬此類。

4.形成細胞鏈

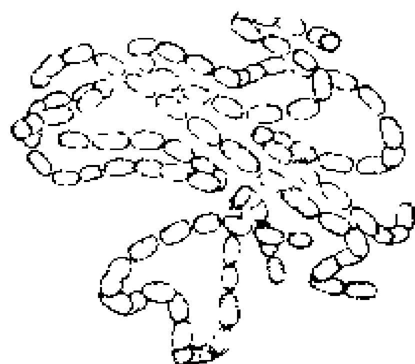
某些單細胞藻類，形體相似，營群聚生活（Colonial life），一方面防禦小型草食性動物的攻擊，一方面也藉著交互錯雜的鏈子增加對水的摩擦，幫助浮游。

例：圖 14 爲藍綠藻中 Trichodesmium 的一種。類似者如矽藻類之 Skeleton-ema Chaetocera Bacter-iastrum等均屬此類。這種鏈子大致可分成兩類：一類爲彎曲狀（Cont oat ）如圖15 的藍綠藻 Aaabaena 。



圖十四

這種鏈子大致可分成兩類：一類爲彎曲狀（ contort ）；如圖 15 的藍綠藻 Anabaena 。一類爲扭曲狀（ twist ）；不但彎曲，而且扭轉，如矽藻類的 Chaetocera debilis 及 E-ucampiasp 均是。



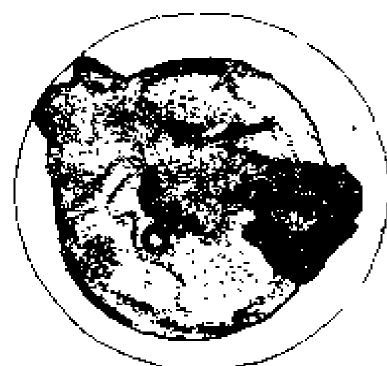
圖十五

5.在體內形成小密度之物質

A、儲存 Fats、Oildroplets 於細胞質(Protoplasm)中,以減低比重。並在必要的時候,供作本身的糧食。

例:植物性者如藍綠藻及鞭毛藻可使細胞比重甚至輕於水而浮於水面上。

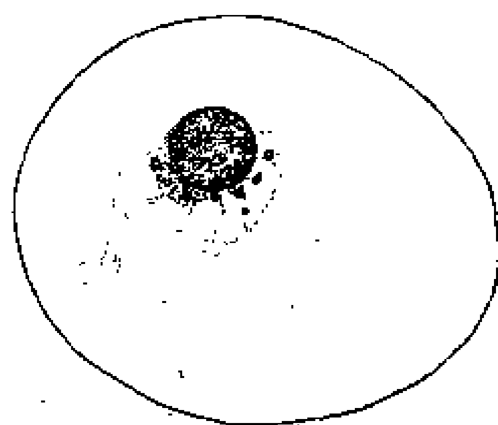
動物性者如撓腳類及裂腳類均能儲存此類物質。甚至浮游性魚卵,如圖 16 亦是如此。



圖十六

B、含有大量液泡(Vacuoles)或被大量的水稀釋細胞質,而並不增加實際上細胞質的重量或體積。

例:Hyman 1940 年發表:水母(jelly fish)體內含水佔體重 96.6%。另外 dinoflegellate 中夜光虫 Noctiluca 和圖 17 的 Pyrocystis 均含大量的水。

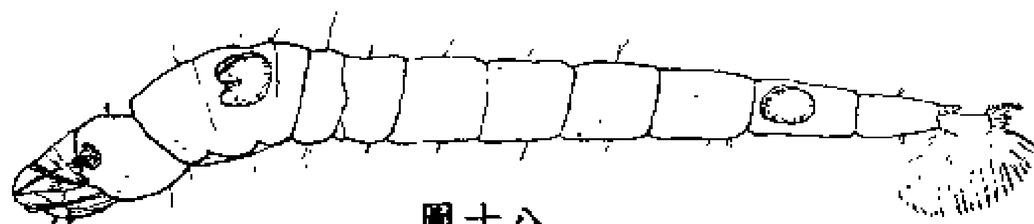


圖十七

6.形成氣囊(Air-bladders)

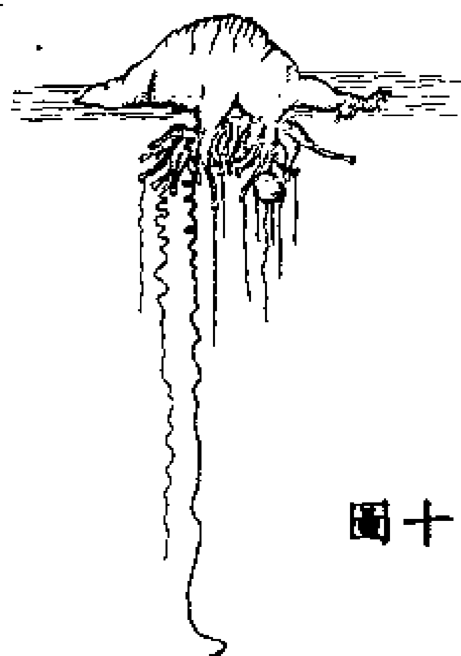
某些浮游生物能特化出氣囊,或藉外界空氣,或由本身分泌,造成體內器官充氣使本身密度減小,而浮於水面。

例:圖 18 Corethra 的幼虫,在身體兩端的 tracheal system 中發展出兩個氣囊隨意志吸收大氣之氣體改變其比重。



圖十八

圖 19 僧帽水母（ physalia ）爲一種管水母類（ Siphonophore ），體內具有Pneumatophore 特化成一個大氣囊，藉自身分泌的氣體來改變其密度。



圖十九

其實這種現象在單細胞浮游動物中所見更多，如放射虫、太陽虫等的細胞外質（ Ectoplasm）中有許多空泡（ Vacuole ）及伸縮泡（ Contr - actile），可以減低其比重而維持浮游性。

7.形成幫助浮游的器官

以上所述，只是阻止下沉，但却不能防止下沉，也就是說，最後它們必然還是要沉到海底。當然海洋生物生存的環境是動態的

具有長刺的浮游動物會發現，它能阻止下沉多少，便會在運動上升時遭到多大的阻力。不過只要下沉的慢，它便會有較大的機會在沉至海底以前，被水中亂流（Turbulance）帶到較上層的地方去。

因此之故，一些無長刺的浮游生物，便會由於下沉得太快，而無機會被亂流帶向上層，所以它們必須有些游動的器官才能保持懸浮。

例：浮游植物中Volvox及 Eudorina 在圓球形的細胞周圍長出纖毛來助浮。在浮游動物中也常藉 纖毛（ Cilia ）、鞭毛（ flegella）或將化附肢（Appendages ）來幫助游泳。如腔腸類的水母（ Medusa ） 在傘狀四周均長有觸手（Tentacle ），以擺動來幫助游泳。

二、對敵人之防護 (Protection of enemies)

爲保持其浮游性，不僅外表器官，其內部構造亦發生改變。例：底棲

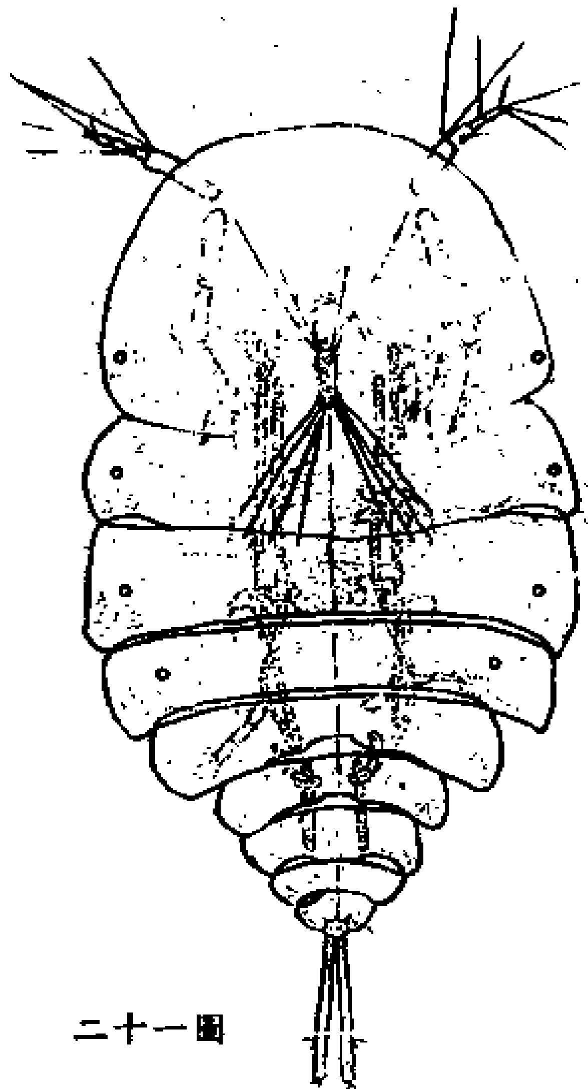
的矽藻類具有很厚的矽質細胞壁，而浮游性者細胞壁多較纖細。而浮游性的甲殼類，如十足類Lucifer，便較底棲性者的外骨骼纖細得多。在演化的意義上，就是浮游生物爲求維持漂浮而放棄了能保護自己的厚殼，在這種情形下，除了以大量的生殖率來繁殖下一代之外，演化了三種方式，來禦敵：

1.刺（Spine）

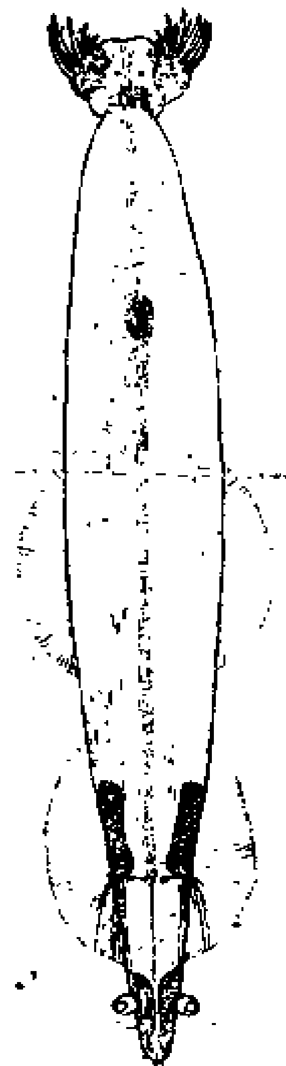
如矽藻類長出許多長刺在身體周圍來保護自己，以免被橈腳類或其他的動物吃掉。另有些Polychaeta 幼蟲也特化出防禦刺，來禦敵。

2.透明（Transparency）

浮游生物經常以透明來隱藏其形跡，如圖20 爲橈腳類Copelia的雄體及十足類之Lucifer，甚至毛顎類中的矢虫（Sagitta）如圖21亦藉透明來避敵。



二十一圖



二十圖

3.淡藍色

近表層的動物由於海面天空爲淺藍色，故而這種淡藍色對表層的浮游生物而言，便成爲一種保護色。如佛羅里達州的橈脚類中的Acartia spinata 即是此類。

但是橈脚類中的Metis在海水表面呈深紅色，Saphrina 雄體由上往下看時會生彩虹的反光，這些並不是保護色，它們的產量也一定不大。

綜上所述，透明及保護色可使浮游生物很容易的生活在光區（Euphotic zone）及微光區（disphotic zone）裡。

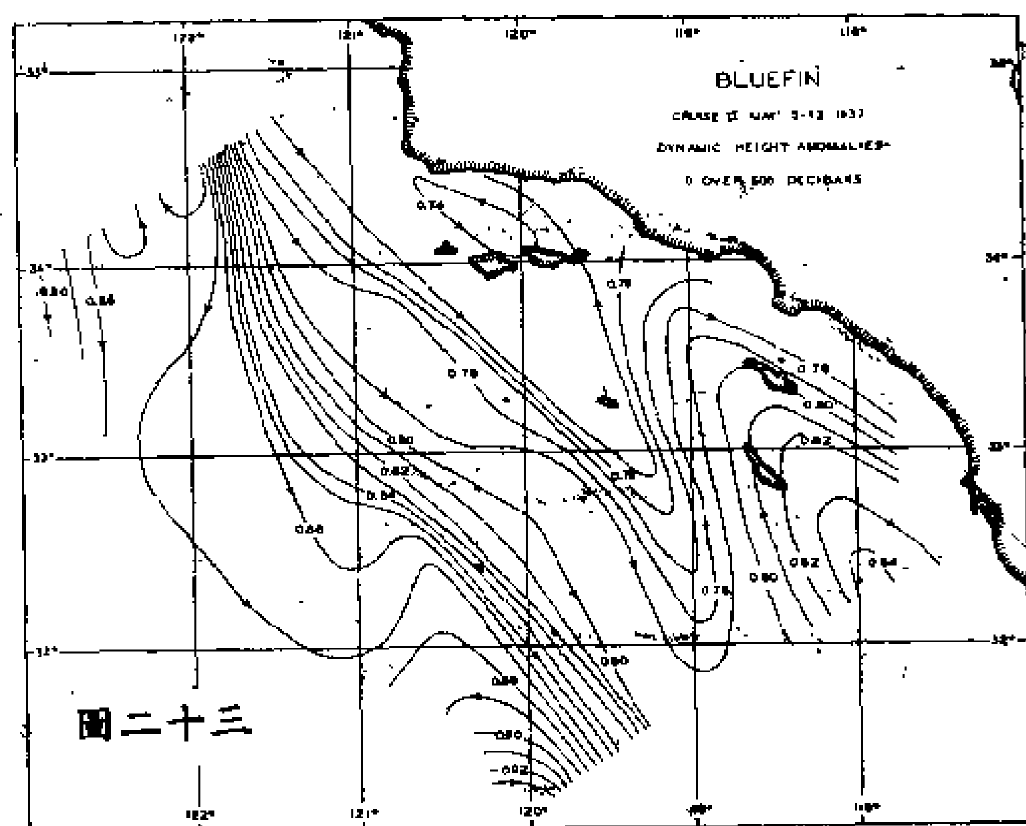
三、水的運動 (Water movement)

水流對浮游生物影響甚大，由於浮游生物的游泳能力太小，水流太強，浮游生物對環境便根本沒有選擇性。如大湖中水流很小，但經常由風吹所造成的波浪將浮游生物帶至下風向的湖端，造成過擠現象（Overcrowding），常含毒素，可能引起窒息，廢物濃度高，對植物而言CO_2也發生枯竭現象。

對水的運動，浮游生物也發展了一種特殊的生活史，最有名的是鰻（Anguilla）的幼蟲。生長的時間，多在淡水中，而生殖的時候洄游至海水中。如圖 22 是一種美國鰻，由孵化發展至游泳動物的變態。在Sargasso sea中孵化之後，吾人稱之柳葉魚（leptocephalus），透明、扁平，隨海流到達北美海岸，隨著生態上適應體形發生變更，在進入淡水之後，體形變黑並具游泳能力，形狀也變得更爲流線形，更增加覓食的能力。

二十二

另如圖23 是1973 年5月份南加州海岸的海流系統圖，箭頭表示 流向。這些海流使沙丁魚（Sardines）的幼體留在Senta Barbera島（34°N 120°W）的西方，直到他們長成游泳性的幼魚才隨海流南下覓食。

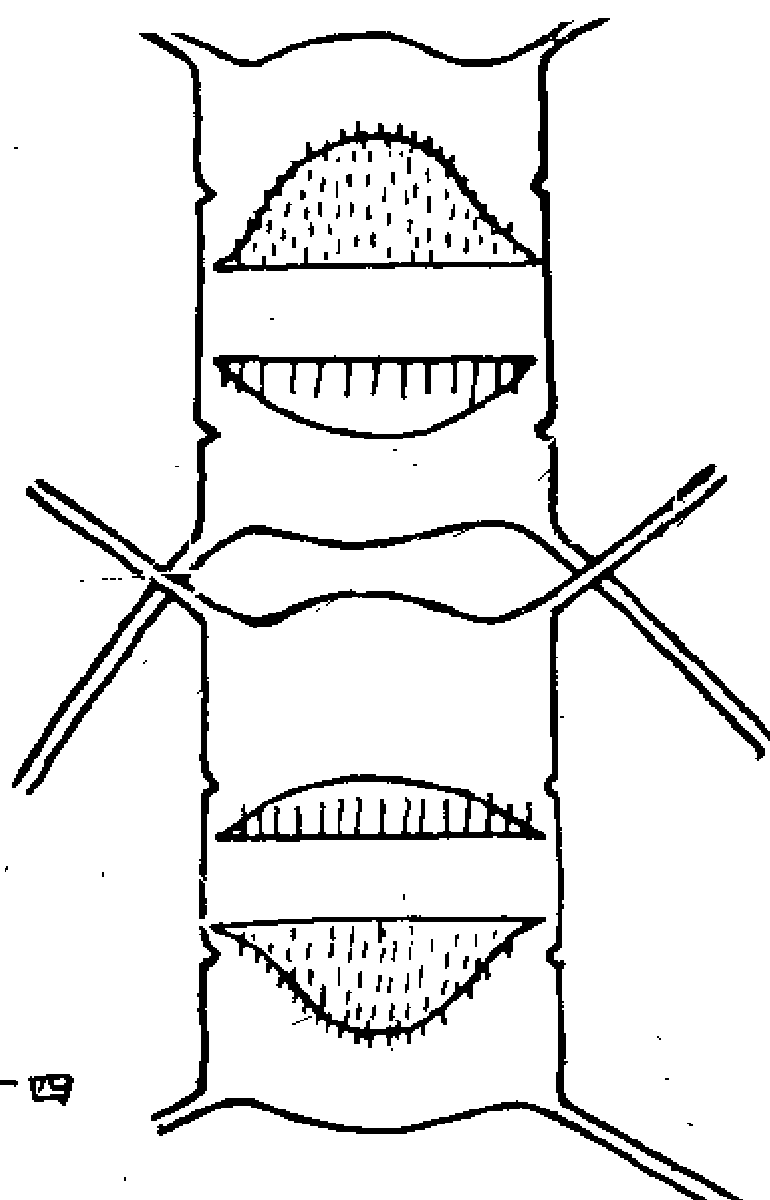


圖二十三

四、惡劣情況 (Unfavorable Condition)

前面已經說過，浮游生物對環境因子毫無選擇能力。故而當物理或化學甚至食物的情況發生變化時，便會直接影響到其生存。而浮游生物對這種環境的變異也有其適應之道。

例：圖 24 爲矽藻類中的 Chaetoceros，當情況不利時所形成的休眠孢子(resting spore)。如動物性透明的輪虫類(Rotifera)這種淡水浮游生物經常在遭遇乾旱及寒冷的季節時產生休眠卵(resting egg)來渡過這段時期。



圖二十四

在淺海地區這種 resting spore 或 resting egg 可能會沉入海底，等待惡劣情況過去之後，再恢復浮游性。

〔摘自 Davis 196 The Marine & Fresh Water Plankton PP 32～52〕

台灣漁業的動向

田中昌一　著
楊榮宗　譯

田中先生是東京大學教授，在東大附屬海洋研究所主持資源解析部門有年；是國際聞名的漁業資源專家。田中先生於今年三月至五月間，應中日文化交流協會之邀，來台在海洋學院擔任客座教授。在台期間，曾遍訪台灣各地漁業現場以及漁業有關之行政與研究機構。田中先生回國後寫成此文，刊於交流協會所發行之"交流"，No. 53.（1975 年 9 月出版）

・譯者註・

一、概　　況

(1)台灣的總漁獲量於 1973 年達到 75.8 萬噸，正在高速成長之中。其總量的大約一半（36.2 萬噸），是由大型鮪延繩釣及底拖網爲主的遠洋漁業所漁獲。十年來遠洋漁業成長了三倍。另外，養殖業也在最近五年來急速增加幾乎二倍，以 10.7 萬噸的生產量佔重要地位。

(2)據估計，台灣水產物的總需要量約爲 60 萬噸。其中有 15 萬噸的外銷，是以鮪類、蝦類及鰻爲主，每年賺取外滙達 2 億美元。尤以 1973 年以來，鰻的輸出日本仍在急增。然而，石油價格的上漲，給予台灣漁業極大的影響，加上由於過漁導至資源的減少，海況的變化促成來游量的減少，以及國際鮪魚市場的惡化等，使漁業問題愈形嚴重。

(3)在此重重困難當中，認清了資源管理與漁況速報的必要性，漁業管理研究費的編列預算等問題正在檢討當中，然而所涉及的問題極爲複雜，仍未見具體的措施。

(4)海洋污染問題，已有若干研究結果的發表，認爲對於漁業的影響輕微。但是西部沿岸每年發生牡蠣的大量死亡，部份污染問題已在表面化；隨工業化的進展，將來對漁業的影響，勢必嚴重。

(5)隨著海洋法會議的進展，200 浬經濟水域的可能實施，其給予台灣漁業的影響，將比日本更爲嚴重。正注視着會議的發展。因此，也在重新

檢討沿岸與近海漁業；對於南冰洋的磷蝦也表示關心。

(6)爲了蝦的鮮度保持（實際上是防止色變），曾廣泛使用硼砂。由於硼砂對於人體有害，加上國外的檢擧，其使用已遭禁止。業者正期求價廉，而可以取代硼砂的方法。但是，不顧當局嚴密的取締，似乎仍有部份使用者。

二、沿岸漁業問題

隨着海洋法會議的進展，遠洋漁業正逐漸增加困難，已不能期待將來的更加發展。在此狀況下，重新認清了沿岸與近海漁業的重要性。一般而言，沿岸及近海漁業的開發已達其極限，也就因爲如此才有了今日遠洋漁業的發展。所以沿岸及近海的重新開發自有許多困難。重新開發有三個方向可以考慮。

(1)恢復過漁資源，以期待漁業量的相對增加。

(2)未利用資源的探索與開發。

(3)沿岸養殖漁業的推廣。

有關第(1)點，以底棲魚類的可能性爲最。若能控制現有漁獲努力量的續增，兼取保護小魚幼魚的措施（如網目的規定），應可期待總漁獲量的相當增加。小魚幼魚的保護應採用何種方式，須愼加研究。（如，管制方式的檢討，由於網目的限制所導至的一時的漁獲量的減少的對策，以小魚爲主要漁獲對象的漁船的救濟措施，對於漁獲物利用業者的對策，等等)。

有關第(2)點，在沿岸洄游性魚類之中，可能仍有値得更加開發的魚種，如鰮類、鰆類、鯖類等。卵稚魚的分佈調查，魚探調查，試驗作業等等，應爲有效。其利用方法也有待研究，應可利用爲養鰻飼料。漁法的研究也將是需要的。總之，應全盤加强沿岸洄游性魚類的調查研究。有關第(3)點，將可期待對於沿岸漁民以相當的經濟供獻。一般而言，適宜於高級魚種的少量生產，而不宜於大衆魚類的大量生產。養殖事業需要龐大的經費，因此不能期待可以大幅度供獻台灣水產物總生產的巨大生產量。對於利用天然生產力的增殖事業（即所謂的栽培漁業）而言，沿岸生物群落的基礎研究是不可缺的。同時，爲了保持增養殖事業的環境於良好的狀態，應

注重污染對策。

三、資源的研究

漁業研究之於台灣，是由水產試驗所，台灣大學海洋研究所，台灣大學漁業生物試驗所以及海洋學院所執行。沒有相當於日本的，由各海區水產研究所以及各縣水產試驗場的協同所構成的全國性的資源研究計劃和組織。資源研究的現況是，台灣大學海洋研究所正進行有關鮪類及底棲魚類資源的研究，另外中央研究院曾執行鯖漁業資源的研究之外，不過是各地研究者所作的片斷零星的工作而已。由於預算的斷絕，鯖資源研究已中斷，鮪類及底棲魚類的研究也正面臨中止的危機。

在海洋研究所的研究，是由農復會或國科會補助研究費，從事包括漁業統計的收集在內的各方面的調查研究。由於研究費的限制，調查研究的持續正處於困難的狀態。從其特殊性看，水產資源的調查研究並不是在一定期間可以完成而結束的。以鮪資源的研究來說，應與鮪魚業爲一體，有鮪漁業存在的一天就應持續進行。資源研究本身具有對於資源追踪評估的意義；這點是可以與氣象觀測對比。氣象觀測已成爲一種“業務”而確立存在。但是，資源研究則因爲資源學本身尚未充分發達，至今未能成爲完整的業務。各國均仍然視爲“研究”，而由研究工作者擔任執行。但是就因爲其具有追踪評估的意義，所以只要該漁業繼續存在，就得繼續執行。透過對於資源的追踪評估，可以掌握資源現狀，進而預測將來，更可以據此提示資源的合理利用的具體方案。其所以需要繼續不斷地追踪評估資源現狀，是因爲環繞資源的客觀環境在變，漁業活動也不斷在變，因此資源本身也不是永遠一定不變的。有可能十年前所做的資源評估並不表示資源的現狀。

當然，不是所有的資源研究都必須是永續性的。漁獲量統計，努力量統計，體長組成，年齡組成等各項生物統計，卵、稚魚量的資料，環境觀測資料等，則是需要繼續收集的最低限度的資料。爲了從事這些調查，首需建立健全的組織，確保每年的預算。在日本，是由各海區水產研究所與各縣水產試驗場協同成立調查系統，由有關當局每年撥付相當的預算額。

此一組織，自 1949 年成立以來，逐次增加研究對象魚種，擴大調查規模，迄今仍在持續進行。

對於這一有組織性的調查研究系統，大學則從另一角度予以協助。諸如，新儀器或技術的應用於資源研究，等等的研究方法的開發，以及其他各種基礎研究，都可以由不受經常性研究工作的束縛的大學，在自由的立場從事研究，因而得以有顯著的發展。當然，大學的研究所裡擁有較多優秀的青年研究人員，也是從事這方面的研究極為有利的條件。

基於上述觀點，今後台灣的水產資源研究有下列各項應予考慮。

(1)資源研究的重新整編，與研究人員的適當配置。

(2)資源研究預算的確保。

(3)研究題目的重新整理，研究對象的再檢討與擴大。

台灣現有的水產資源研究人員，其數不能說是十分充足；但也不是少到足以影響研究工作的推動。只是許多地方顯示在組織化與人材的適當配置方面未盡理想。因而導至能力的不能充分發揮。

在漁業行政上發生問題時，為了以科學方法檢討其對策，而動用研究人員從事調查研究是必要而且是正確的途徑。但是，往往由於忙於這些行政對策的研究，阻礙了研究的正確發展；這是值得注意的。一般而言，資源研究須要長期的研究。往往有些觀測值是一年才能得到一個。因此，從着手研究開始，直到可以得到相當的結論為止，往往是需要數年以上的時間。然而行政上的問題，發生較為頻繁。常在前面的研究仍未結束，下面一個新的問題就已發生了。這種時候，若中斷前面的研究，以接辦新的研究，則難免前功盡棄。

科學研究的成果，有如磚的堆積。在未完成時就予中斷時，則難免前功盡棄摧毀既往已得的成果。因此，倘若是因為行政上的需要而屢次中斷某些研究以變更題目，其結果將是無任何結果留存。當然，研究的重點必須是順應實際的需要而變更；但是，對於任何研究工作的中斷，必須十分慎重，應多聽取有關研究人員的意見。

四、沿岸表層性魚類的研究

沿岸表層性魚類的資源豐富，漁獲量亦多，在沿岸近海漁業之中據重要地位。但是，有關這些資源的研究並不十分夠。

沿岸表層性魚類是經由各種漁業所捕獲，在沿岸各地卸魚。因此漁獲統計極不容易做到。由於資源結構與不同漁業形態的複雜關係，加上魚種組成也複雜，傳統的單純的數學模型與方法不能直接應用於資源的解析，需要另從不同的觀點着手研究。

雖然沿岸表層性魚類，也會因爲過度的漁獲導至過漁現象，但是一般認爲是比較不易造成過漁問題。因此，資源研究應偏重漁況預報（短期的和長期的）。下面所列將是必要的研究項目。

⑴生活史的研究：產卵場、產卵期、移動與洄游、成長、漁場、漁期。

⑵族群的研究：以生活史爲中心設立假設，除非必要不再細分。

⑶食性的研究：判定在 food chain 所佔的位置。

⑷漁獲物調查：體長、體重、年齡、性比、成熟、食性、孕卵數。

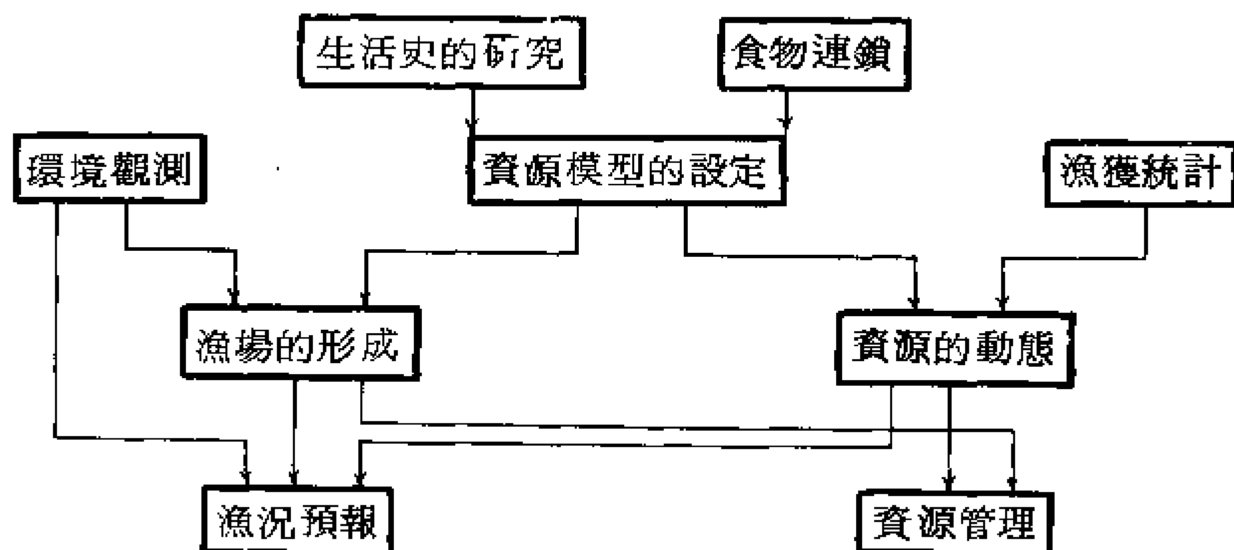
⑸產卵調查：定量調查，資源量的評估。

⑹漁獲量的調查：漁場別、月別。

⑺漁獲努力量的調查：對於主要漁業實施現場採訪調查。

⑻漁場學的研究：海況與魚群的移動及集散。

研究的進行程序



五、漁海況預報業務

在台灣亦有開始辦理漁海況速報以及預報業務的計劃。有下列各項可以考慮。

(1)應以台灣沿岸及近海爲重點。

(2)應具體把握目標。譬如，根據鯖、鰮、烏魚、或虱目魚的漁期與漁場設定作業區域。

(3)海況資料當中，光是表面水溫也將是重要的資料。但是，必須有相當數的反覆觀測。

(4)漁況資料應儘可能收集詳盡的資料。漁海況的解析，不能只靠海況資料。

(5)漁場的研究，應與資源研究對比進行。設定移動洄游等的模型，解析其與海況與漁況的關連。應從事漁獲水溫資料的收集。

(6)海洋構造方面，應設法明瞭水塊構造、位置與其季節變動的關係，藉以判斷年年的變異實況。

(7)暫以漁海況速報及漁場的研究爲主，預報工作可以暫緩辦理。

(8)設法收集日本的漁海況資料（尤其是台灣近海的）。

養鰻經驗談—爛尾症（TAIL AND FIN ROT）及業鰻存在之問題

劉秋賢

一、前　　言

臺灣業鰻者，幾乎每家鰻池大多數要遭此病襲擊，尤其屏東地區，6～9月間大雨（陣雨）及清池撈補新放入之鰻為此病繁生之盛期，鰻魚不論大小皆有發生之可能；今年土殺魚苗（二歲以下），因爛尾而死亡者鰻高達五成以上；剛引進之泰國鯰因此病死者也甚多。

二、病況與病因

此病初期鱗片成折狀脫落，鰭及尾部皆有溢血現象，患部漸漸被細菌所侵蝕，且常造成水生菌之二次感染（a secondary fungus infection），嚴重者尾部去了一大半，鰭部腐蝕，頭部向上尾部向下垂直水面而浮游，此時如再作處理很感困難，所以預防非常重要。

其是由於皮膚擦傷發炎或紫外線（ ultraviolet ）照射所致，但有些缺少insonital acid 而發生。

三、治療方法

(1) Phenoxethol and its derivatival

其病體以 Phenoxethol 1.25%或0.75%之propylene phenexethil 或 0.3%之 parachlorophenoxethol 在五分鐘內可使細菌致死；但以 0.75%之 pheol（arbolic）在 2hr時才能致死。在實際應用及理論上 para-chlorophenoxethol 效果好，且無抗藥性。

(a) para-chlorophenoxethol (2-para-chlorophenoxyethond)油質液狀，有劇毒性，濃度用量太高，輕者會抑制生長重者會造成大量斃死，有多種魚在0.04%之濃液中，不到一分鐘就死，另外 0.005 %之濃度只有25—36分鐘就死亡，但如用法得當，對爛尾病很會效果。

(b) phenoxethol (2-phenoxythanol)(C_6H_5O CH_2CH_2 OH) phenoxethol 是一種油狀芳香易燃之液體，對白點病，水生菌和爛尾症皆有效，但用量要低，治癒後必須馬上換水，在池塘中之濃度爲萬分之1或萬分之2。

(2) Acriflavine

acriflavine是一種橘黃色，易溶於水之粉末，其水溶液呈橘紅色，選擇藥品一定要選擇中性(Natural acriflavine)；另有一種 Acriflvaine hydrochloride 呈酸性，對魚有不良影響，使用時先溶於熱水，避免光線照射，投藥於池中，開動水車，其溶度爲 0.2 ppm，但嚴重時可至 0.4 ppm，三天後完全換水，如果未癒，則再浸藥一次。藥性對水中植物有殺害作用， Cabomba 和 Elodea 會死亡，但 Valliseria Sagittaria 和 Nitelea 不會死亡，藍綠藻類(Blue-green Alge)也會死；濃度太高魚苗會斃死，故使用不得不小心。

(3) Kanamycin

每克的魚體，以0.02mg 的 Kanamycin 的注射，每克飼料中再加1mg 之 chloromycetin 混合給食，則效果很佳，但要注意日後之抗藥性。

四、經驗上之預防措施

筆者在屏東鰻場，實際負責一段很長時間，但沒有爛尾現象，平常雨後注意換水，清池時以 choloramphanical 藥浴，放入池子後以 Nifudadone 給食。但在鹿港因排水系統不良，不能即時換水，曾下一陣雨，三天後弱小之鰻，即發生爛尾現象，但經清池藥浴即癒，陣雨改變水中 PH 值，是否與爛尾有密切關係，有待進一步討論。

五、業鰻者存在之問題

(1)養殖人才之缺乏

臺灣氣候溫和，地下水量豐富，水質良好，最適合發展水產養殖，如鰻業在日本非兩年（除利用溫泉水及工廠定溫廢水）以上，鰻魚不能達到出售規格，如在臺灣養殖8個月，就有鰻魚出售，且終年攝食，菲律賓及其他地區則太熱或太冷，故水產養殖已具有天時與地利，但此項高金額投資非有養殖專門人才，飼養成績一定不會理想，且也不能解決及改進困難問題。

(2)鰻線進口之期限

鰻場在本省三年內從三百多公頃擴建至一千四百公頃，此無限制之擴張造成鰻線短缺，使業者搶購鰻苗，去年每尾鰻1元，前年11月6元，至今年元月每尾鰻線高達18元—22元，此種不計成本搶購，在日本養殖界已認爲構成危機（其每尾才以10元計），屆時日本已大量撈獲鰻線，但因日本氣候嚴寒不適養殖，會造成大量生病死亡，可是主管單位遲遲未宣佈進口，在元月8日開放進口後，鰻線下降至每尾10元左右，故政府政策之配合很影響業者之生存。

(3)藥效問題

魚用藥劑，有時不大了解藥性之副作用和藥物在魚體內之持存時間及食用後對人體之影響，如魚給auromycin，則會造成維他命缺乏症，（avitaminoses）尤其維他命E和K及葉酸（folic acid），但如食用chloramphenical則無此種現象，近來業者常使用單項磺胺劑如泰滅淨，初用效果很好，此後一次比一次差，且會產生藥性中毒，大量因肝病而死，故對合成性之磺胺劑及抗生素，是否能利用其加成作用，而使用量小而效果良好，有待研究。

(4)魚病問題

在1969—1970年日本曾發生腎炎，造成業鰻者一大損失，其死亡量幾達所有鰻池中之魚的三分之一，至今還調查不出原因。臺灣地區不論北、中、南部，幾乎每家鰻場皆有凹凸病之患者，弱小之鰻得病率高達1/10以上

，尤其每公斤一百尾以下之小鰻，常有遭此病侵襲，此種孢子由寄生蟲之鰻病，據日方調查，是由臺灣引進到日本水溫在25℃ 以上較易發生，筆者今年7月曾看屏東有一家鰻場，其把每公斤250尾之鰻魚，共計8萬尾，放入池後隔半個月，發現有7萬尾以上染上此病，依據日書記載只得把病鰻燒毀，池底徹底消毒，以石灰及漂白粉消毒池底且日曬七日以上，但臺灣尤其本省南部夏季幾乎天天下雨，且池子所用方面也有困難；要日曬7日以上在實際現場操作上有很大問題。筆者曾以馬速展及 Trichloroxethy phosphoric acid ester混合消毒池底及藥浴，在預防上有很好效果，但有待業者廣泛使用，才能作進一步之探討及證實。

參考書卷

① Disease of fishes　Van Duijn 著

② 鰻學（養成技術篇）　松井魁

③ 養魚講座7鰻　綠書房

④ 養魚飼料學　橋本芳郎 編

⑤ 鰻病與處方　太上皓久 著

⑥ Hand book of Pharmacology　Cutting's 著

⑦ 養殖月刊

台灣發現的赤潮

曾文陽　陳宗雄

前　　言

赤潮（red tide），或紅水（red water）之名稱早在舊約聖經的摩西時代（約在公元前1500年）就有記載，但其定義尚未明確。最早有科學記錄是在1820年，然最重要的是1839年達爾文（Charis Darwin）乘獵犬號（Beagle）探險世界的航行中於智利近海發現有藍藻（*Trichodesmium sp.*）之大量繁殖以來一般人始對此赤潮現象開始注意。1884年美國佛羅里達州沿海曾發生鞭毛藻（*Gymnodiniium breve*）之大量繁殖而使海水變色導致魚類發生大量死亡（Steidinger & Joyce, 1973）[1]。1889年日人西川藤吉在靜岡縣之江浦中發現夜光中 *Noctiluca* 之赤潮，同年又在三重縣鳥羽港內發現 *Gonyaulax* 鞭毛藻之赤潮。自此以後，赤潮現狀與組成才漸被世人所瞭解（山路，1966）[2]。

一般赤潮是指海水浮游生活之微小生物突然大量異常繁殖而使海水發生變色的現象。赤潮之發生大都在島嶼沿岸及港灣較多。其顏色隨生物種類不同而有赤褐色、褐色、綠色、黃綠色等。通常這種海水爲粘稠性並具有臭味；但有時海水之變色是因物理原因或化學物質所形成的，這都不算是赤潮。

由於赤潮是浮游生物大量繁殖，亦且有些種類之浮游生物是具有毒素，有些種類雖然無毒素但其大量繁殖後死亡分解時消耗水中之含氧量，這均能使水中其他生物大量斃死。自民國58年以來，台灣西南沿海貝類養殖場年年都發生貝類大量斃死，因此有些人認爲是由於赤潮的危害。然而此僅係出於猜測而無事實的證據。直到去年貝類之大量斃死才被證明是由於河川水污染（曾，1975，[3]洪等，1975[4]；鄭，1975[5]）。去年貝類大量

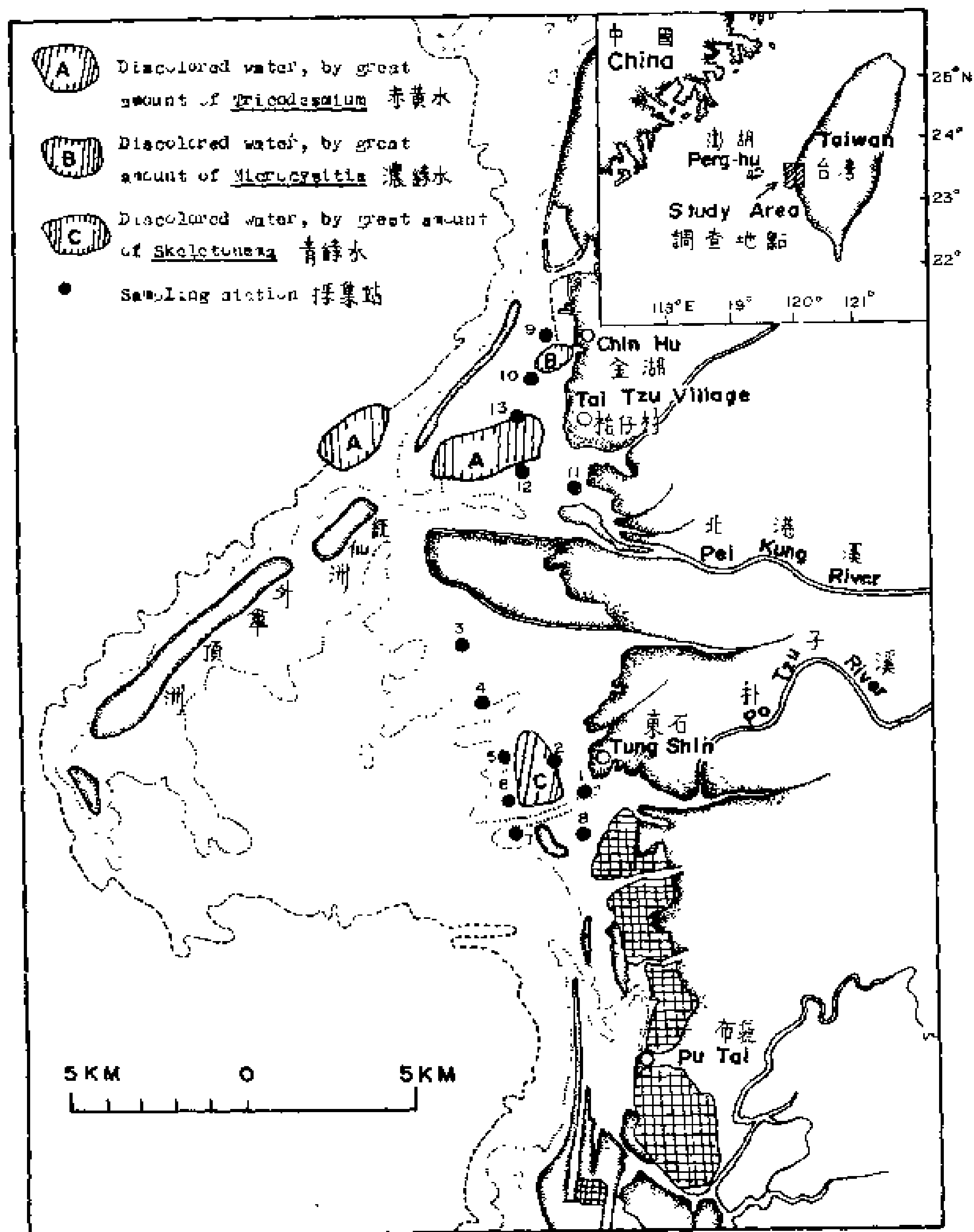


圖 1　發生赤潮之位置與範圍。

Fig. 1　Known areas of red tide in waters along Chin Hu and Tung Shih coastal areas.

斃死期間本所之貝類調查工作除長長期駐守金湖海邊，逐日調查北港溪、朴子溪口之水文環境及浮游生物，確實在貝類大量死亡期間曾發理有浮游生物異常繁殖之現象，初步證明貝類之大量斃死與赤潮發生尚無直接關係，但赤潮在本省之發生則是不能否認的事實。本篇介紹本省首次發現之赤潮，依本次發現時水色不同可分爲兩種，一爲黃色稱赤潮（red tide），另一爲濃綠色或青綠色稱爲青潮（green tide）；統稱赤潮。

方法與材料

自民國64年4月8日至5月20日於貝類大量斃死期間本所調查隊駐在金湖，每隔一日或兩日以小艇調查北港溪與朴子溪口之養殖場（圖1.）之水文環境及浮游生物。浮游生物採集是以O型植物性浮游生物採集網（直徑30公分，長75公分，××15號網布）在水平綫以下緩慢拖行約20公尺。標本採集後卽以5％之福馬林液固定。沉澱量（Settling volumn）之測定是以沉澱管爲之，先將標本之雜量除去然後置於沉澱管經24小時後觀測其沉澱量值（cc／m^3）。逐日沉澱量變化之計算是將各站所採集到浮游生物沉澱量加以平均所得。植物性浮游生物種量之計算法是以 Hensen 氏個體測定瓶與 Stempel p. pette 的抽樣法實施檢查，每站均計分析5次，每次吸出 1.0 cc，置於顚倒顯微鏡下鑑定其種與量的細胞數而後再求出單位水量之細胞數（cell/cc）。

結果與討論

一、浮游生物沉澱量與降雨之關係

圖2所示爲自4月8日起自5月20日止逐日或隔日調查現場時，以植物性浮游生物網所做水平採集之浮游生物沉澱量每日平均值的變化。圖中顯示，自4月9日起至4月13日止浮游生物之沉澱量由1 cc／m^3之沉澱量增加至 4.5 cc／m^3，4月13日以後就呈直線下降至0.8 cc／m^3 左右之沉澱量，以後也都維持這個數目，一直到4月底。從5月3日至5月8日沉澱量又有一高峯，是從5月3日起由1.2 cc／m^3之沉澱量驟增至8 cc／m^3 的

沉澱量。5月18日到5月20日又有一個高峯出現沉澱量由2cc/m³ 增至5 cc/m³。若從氣象資料來看浮游生物量之變化，則很容易可看出浮游生物量之增加與降雨有密切的關係。圖中顯示每逢大雨過後植物性浮游生物均

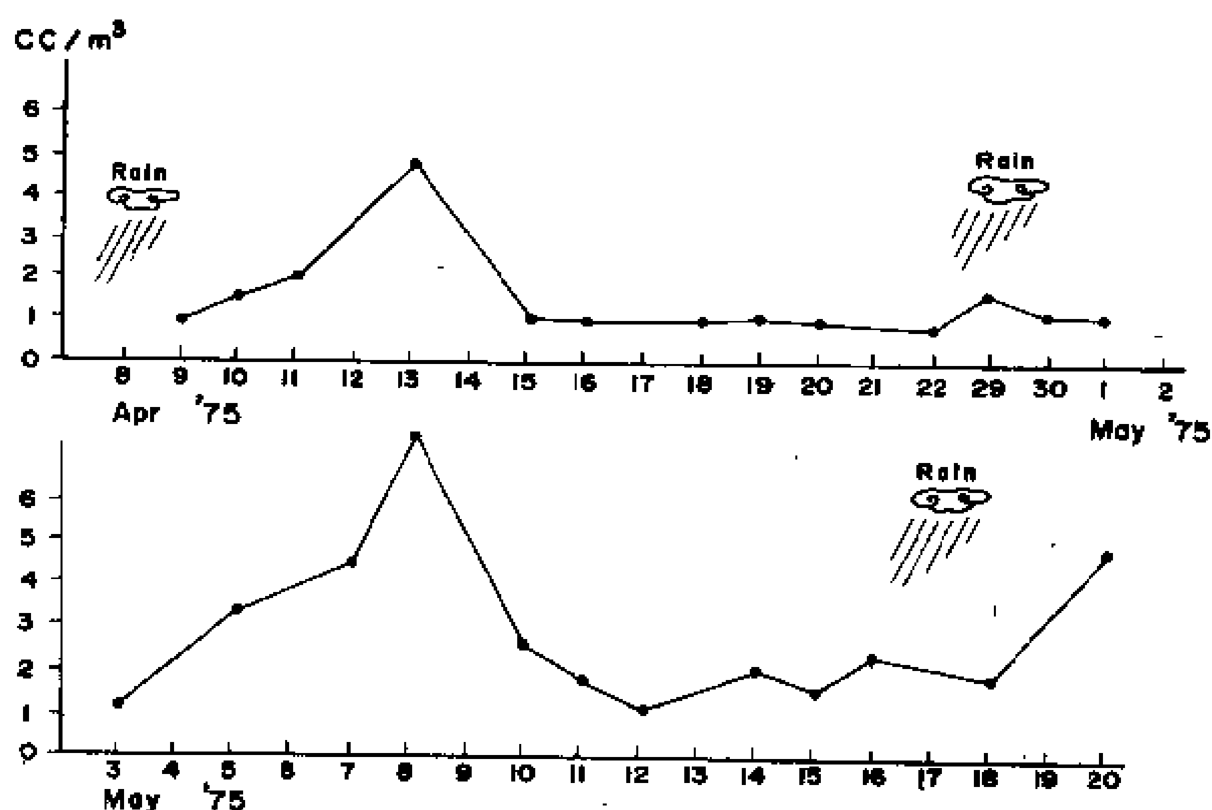


圖 2. 北港溪口浮游生物沉澱量日變化，1975年4月8日至4月20日。

Fig. 2. Daily fluctuation of settling volume (cc/m³) in the estuarial waters of Pei Kang River in 8－20 April, 1975。

會逐漸或驟然增加；如4月8日之陣雨使4月13日之浮游生物量增加，4月29日之陣雨使浮游生物在5月5日至5月8日量驟增，又5月17日之陣雨使5月20日浮游生物量增加。此種現象與美國佛羅里達州之必斯河（Peace River）所發生之情形略同（Torpey and Ingle, 1966）⑥，理由是由於大雨後將河床中之有機與無機物沖出，而造成植物性浮游生物之

盛開繁殖。

二、赤潮與青潮之生物組成

自去年（64）4月8日本省西南部首次大雨後一直到4月28日都未曾下過雨，天氣十分炎熱，海面波平浪靜直到4月29日上午才有一次傾盆大雨，從雨後海況及浮游生物調查（圖3.），發現浮游生物之平均沉澱量爲 1.3cc／m^3，各站變異範圍爲 ±1.1cc／m^3，每立方公尺海水植物性浮游生物總細胞數由數千個突然增至10萬個，而且還在繼續的增殖中，其種類以 *Oscillatoria*, *Chaetocers*, *Nitizschia*, *Thalassiosira*, *Tricodesmium* 爲主。4月30日調查北港溪口附近養殖場時發現汚水塊於河口附近漂浮，各站所採集到之植物性浮游生物沉澱量平均爲 2.1cc／m^3，各站沉澱量大小之變異範圍在 1cc／m^3左右，分析植物性浮游生物，發現含有機物質甚多。此外平均每立方公尺海水含植物性浮游生物有 7.5×10^4 個，以*Oscillatoria* 和 *Chaetocers* 兩屬較多。5月1日調查養殖場時發現汚水塊漂浮海水表面，觀測浮游生物沉澱量在 1cc／m^3 左右。各站沉澱量之變化範圍 ±0.5cc／m^3，平均每立方公尺海水含有植物性浮游生物細胞數量爲 5×10^4 個，其主要種類爲 *Tricodesmium erythraeum*, *Nitizschia* 和*Oscillatoria* 等。5月3日海面極爲平靜，天氣炎熱海面乃有汚水漂浮，浮游生物沉澱量約在 1cc／m^3，各站沉澱量之變異範圍不超過 ±0.5cc／m^3。每立方公尺海水植物性浮游生物增至 4×10^5 個細胞數，其主要種類爲 *Rhizosolenia*, *Tricodesmium erythraeum*, *Thalassiorema*；5月5日北港溪口北面仍有汚水塊滯留，浮游生物沉澱量平均爲 2.1cc／m^3，各站沉澱量之變異範圍爲 ±1.1cc／m^3，植物性浮游生物總細胞數每立方公尺海水約爲 4×10^5 個，主要種類爲 *Tricodesmium erythraeum*，*Chaetocers* 和 *Oscillatoria ornata*。5月7日平均浮游生物沉澱量增至 4.3cc／m^3，各測站沉澱量之變異範圍 3.5cc／m^3，植物性浮游生物平均每立方公尺海水增至 1×10^7 個細胞數，以 *Tricodesmium erythraeum* 佔絕大多數，其次爲 *Choetocercs*。

以上發現海上之浮游生物量無論其沉澱量或個體細胞數皆在急速增加着，但尚未看出海上有什麼異樣。但在5月8日上午10時在北港溪口枱仔

村外海，發現有一片片赤黃色水塊漂浮水面，其範圍約 4.5 km^2，長3km，寬1.5 km ，由於適逢小潮水，故一直呈滯留狀態。此赤黃色水塊是細小之懸浮物所形成，其厚度約 5～20公分，肉眼視之爲細點之小移動物體，以植物性浮游生物網一撈，便得滿滿一網之黃色粘狀物，取回實驗室，在夜間發出淡藍色螢光，以水稀釋置於顯微鏡下觀察均屬於藍藻類之*Tricodeomium erythraeum* ，分析其細胞數估計每 cc 之赤黃色水塊超過 6 萬個以上之*Tricodesmium erythraeum*細胞。據丸茂（1975）[7]報告在太平洋的亞熱帶及熱帶若*Tricodesmium*大量繁殖有兩類型：一爲*Tricodesmium erythraeum* 只限於海水表面薄薄的一層，最深不超過1公尺，另外一種爲*Tricodesmium thiebaufij* 是從表面至水下數公尺的深度，且後者大量繁殖是伴同*Oscillatoria* ，硅藻類及橈脚類等一起發生；因此本次發現之赤潮其情況與前述第一類型赤潮完全一樣。當天陽光普照，風平浪靜氣溫在 25～29 °C ，水溫 25 °C。除此外又在統仙州西地方兩公里處亦發現另壹赤黃色水塊，範圍約 24 km^{2}是朝北北東方向緩慢移動（圖1.）。以上所發現皆稱爲赤潮。另外在金湖河口附近也發現一片濃綠色之漂浮物，範圍約900m^2，厚度爲10公分左右，緩慢向北移動，以植物性浮游生物網一撈也是

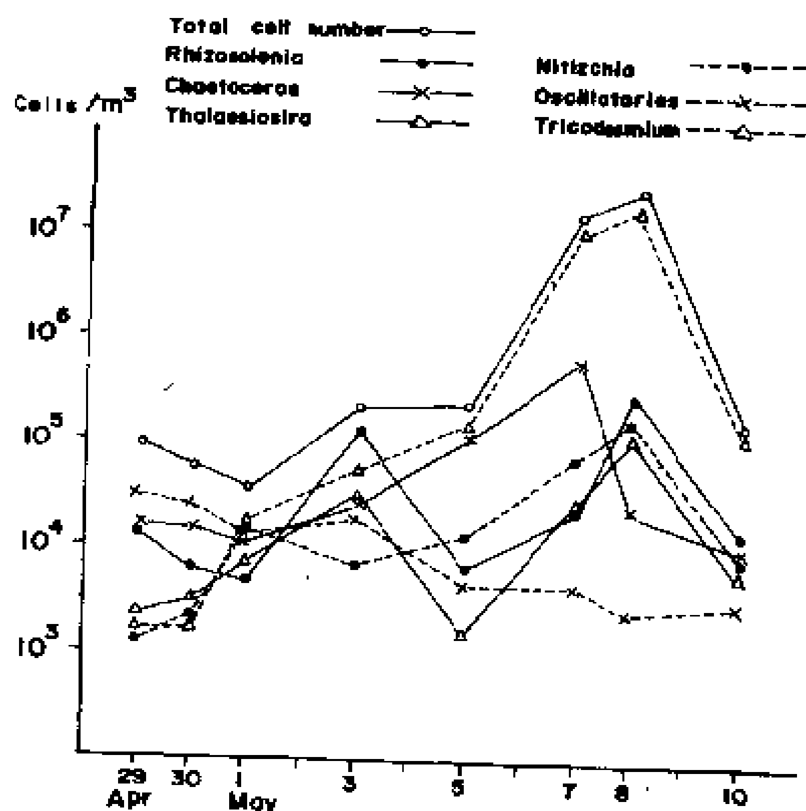


圖 3. 金湖沿海主要植物性浮游生物種類細胞數之日變化。

Fig. 3. Daily occurrence of major groups of phytoplankton (cells/m^3) in water along Chin Hu Coastal areas.

滿滿一網，經鑑定發現是屬於藍藻類之*Microcystis aerayinssa*，估計每cc濃綠色漂浮物含有此種類之植物性浮游生物超過6萬個以上的細胞數；此種不帶粘性，於夜間視之亦無任何之螢光發生。以上所述可稱爲青潮現象。在該日其他各站所採集到之植物性浮游生物其沉澱量達 12cc／m^3 以上，各站之平均植物性浮游生物亦高達4×10^7 cells／m^3（圖3）。另外一次青潮現象是發生在東石養殖場，於64年6月23日上午8～10時調查東石養殖場於1、2、5與6觀察站之間約2.1km^2之範圍，海水亦呈青綠色之清潮水，時亦値漲潮，呈滯留狀態，其厚度20～30 cm，以浮游生物網採集後並做沉澱量及測定種量，經鑑定後計算其沉澱量高達75cc／m^3，主要種類爲*Skeletonema costatum*，估計其細胞數亦超過每cc 4萬個以上，此即爲*Skeletonema*所造成之青潮水。此次所發現之青潮水與5月8日所發現的赤或青潮有所不同，因*Skeletonema*是懸浮在水中而非在表層，而*Tricodesmium*及*Microcystis*均是漂浮表面；發生的時間約在上午8～12時間，下午3點左右追查亦無蹤跡。就以此兩次所發現之赤潮其顏色爲赤黃色，濃綠色，或青綠色而非赤紅色，因此以往也許曾發生過這種赤潮而未曾爲人所注意。而赤黃色海水可能爲漁民誤認係紙廠排出之廢水，因目前北港溪與朴仔溪幾乎終年皆呈黃褐色，河口附近亦呈如是色澤很難分別。綜合上述目前台灣所發現之赤潮如下表：

發現地點	主要生物組成	色澤	俗稱	細胞數 cell／cc	備註
北港溪口（枱仔村）	*Tricodesmium erythraeum*	赤黃色	赤潮	$6\sim8\times10^4$	漂浮海水表面
北港溪口（金湖）	*Microcystis aeruginesa*	濃綠色	青潮	6×10^4	漂浮海水表面
朴仔溪口（東石）	*Skeletonema costatum* *Cosnodiscus*	青綠色	青潮	4×10^4	懸浮海水中

以上三次發現之赤潮是在貝類大量死亡之（4月13日～17日）後發生，初步判定與貝類死亡無關。

三、赤潮生物繁殖和環境條件及氣象因素

一般而言赤潮發生在沿岸內灣較多，受氣象因素影響較大。通常這種赤潮之發生是由於降雨使海水成層次狀態（Ocean stratification），緊接着由於大雨後由河川水帶出大量有機物質急速流入河口，使上下水層發生垂直混合而使浮游生物迅速繁殖起來（佐藤1966）[8]。此次所發生之赤潮亦近在港灣內，因為發生赤潮之金湖、東石養殖場分別在北港溪及朴子溪之出海口，而在此二溪之出海口外有一群南北走向之沙洲——統仙洲與外傘頂州等（圖1.），使此區構成一半封閉狀態之內灣，尤其在落潮時更有許多之沙洲露出水面，使外海海水更無法流入此區；灣內風平浪靜海流弱小。據洪等（1975）[4]稱此區內之水流以順時鐘方向，向南流，流速由小而大，在北港溪及朴子溪處水流非常小幾為零，越向南越大，其流速約為0.73 cm/sec，一天內才流動 630 m。由於此區風浪平靜極適合貝類養殖是以全省最大貝類養殖場也就在此。在4月8日一場大雨後由於河川夾帶高量有機物質之排入使此區海水發生垂直混合，加以艷陽高照，風平浪靜（曾1975）[3]，在此高營養和強光照下，使浮游生物在4月13日大量繁殖，同樣地4月29日，5月18日之大雨也造成5月8日，及5月20日浮游生物大量繁殖。這都是受氣象因素及環境因素所造成的赤潮。在台灣估計約在下大雨後7～10天才開始植物性浮游生物之盛開而產生赤潮。

四、赤潮之生態因素

赤潮均有其適當之生態要素如適當之水溫、pH 值及營養鹽，光照度等因素才會發生。如在日本大村灣之 *Gymnodinium sp.* 其繁殖之適當溫度為26°C（入江1966）[9]；佛羅里達州沿海所發生赤潮生物 *G. breve* 其最適當溫度為15～33°C（Roundsefell and Nelson, 1966[10]；Steiolinger and Ingle, 1972）[11]。通常赤潮之發生均在降雨後繼續日照後發生（倉茂，喜多村，1934[12]；辻田1949[13]；小林，1950[14]；Torpey & Ingle, 1966）[6]。其原因為海水鹽度之下降而使浮游生物異常繁殖，是由於物理性刺激所引起。浮游生物對 pH 值之適應通常隨種類而有不同，*phodomonas ovalis, Heterosigma inlandica, Polykrikos schwartzi* 等為好高 pH 值的浮游生物，而 *peridinium hangoei*, *Eutre-Ptilla sp.* 為好低 pH 值的浮游生物，通常好高鹽度種類都是喜好低 pH 值，而好低pH

值鹽度頗類喜好高 pH 值(岩崎1972)[15]。營養鹽類如硝酸鹽、磷酸鹽等均爲植物性浮游生物生長的要素,但其濃度必須要適當才能大量繁殖;據岩崎(1972)[15]瀨戶海五加所灣所發生之9種鞭毛藻,以 NO·3−N 來培養發現一般在 NO·3−N 之濃度增加可以增加其繁殖量,但濃度超過 100 mg N/ℓ之高濃度則會阻礙其繁殖,在一般合適條件之下赤潮發生時的最低濃度氮 0.1 ppm ,磷 0.015 ppm(日本環境水質基準,1972)[16],據Ketchum, Redified(1949)[17]和 Ryther (1954)[18],在海洋中植物性浮游生物的繁殖,氮和磷之比例是有一定値,以5:1則會加速其生長。除此之外金屬之鐵錳亦是植物性浮游生物繁殖不可缺乏的要素(Gran 1931)[19]。若拿這次發生赤潮之金湖東石養殖場之生態來看,4月8日大雨後,朴子溪與北港溪流量大增,至10日幾乎又恢復8日前的流量,由於該區海水受沙州影響,流出之河川水幾貯於養殖區,使養殖區海水之溶氧量,酸鹼度下降,平均溶氧量下降爲53.6%, pH 值下降2.58%,鹽度下降40.5%而營養鹽如硝酸鹽 67.5ug-atom/ℓ ,磷酸鹽 2.53ug-atom/ℓ 等量則驟增(曾,1975[3],洪等,1975[4])。大雨後之4月9日至13日大氣穩定天氣良好,水溫變化不大,介於25~27℃(曾,1975)[3]。這些現象都與上述赤潮生態因素頗爲相似,是以每逢大雨後東石金湖養殖場之植物性浮游生物就異常繁殖。

赤潮危害作用

赤潮水之生物主要有鞭毛藻,纖毛蟲,鞭毛蟲,橈脚類,介水蚤類,藍藻類,矽藻類,紅色細菌等。鞭毛藻以 *Gymnotiniun* 屬爲主,其次爲 *Gonyaulax*, *Glenodinium*, *Ceratium*, *Peridimium*, *Porocantrum*, *Coohlodinium*, *Polikrikas*, *Amphidinium* 等屬,藍藻類以 *Tricodesmium*;矽藻類以*Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Rhizosolenia*, *Bacteriastrum*, *Cosinodiscus*, *Thalassiosica*, *Fragilaria* 等屬。由於這些生物急速增加到最高密度後會有減少之傾向,而使環境之水質一同急速變化。生物受害情形是隨赤潮種類而異,可歸納如下:①赤潮生物死亡後消耗海水溶解氧而產生有害的硫化氫物質(岡村,1907[20];1916[21]),②受赤潮浮游生物之粘質物阻礙呼吸器官而死亡(中沢,1911[22],尾田,1935[23];三宅,1934[24];三宅和小南,1934[25]),③赤潮生物死亡後而使大量

細菌繁殖，細菌本身所產生的毒素而將魚類毒死（小南，1911[26]），④鞭毛藻中能產生有毒的物質可使魚貝類死亡（Ballantine & Abbot 1957[27]）。

本次在金湖及東石外海所發現之赤潮生物種類為藍藻之*Tricodesmium erythraeum*；*Microcystis aeruginosa*以及硅藻類之*Skeletonema costatom* 三種，這三種類至目前為止尚未有會產生毒素的報告，且*Skeletonema costatum*為魚貝類之良好餌料（松江1936[28]），是以只有在大量繁殖後死亡引起水質之各種變化才可能對魚貝類產生危害外，在理論上是不會對魚貝類產生嚴重的危害，因此本次所發生之赤潮尚難證實是否對魚貝類有不良之影響。

謝辭

本研究得以完成承蒙本所鄧所長之鼓勵及本系同仁陳世欽、陳忠信、張亞宗先生等之協助採集標本以及林鐵雄先生及李雲華小姐之協助繪圖，特此一併致謝。

參考文獻

①Steidinger, K. A.；E. A. Joyce, Jr.（1973） Florida Red Tides Marine Research Laboratory, Florida, Department of Natural Resources Educational Series No. 17 pp.1～25。

②山路勇（1966） 日本海洋プランクトン圖鑑保育社 pp.325～345。

③曾文陽（1975） 台灣西南沿海養殖貝類大量死亡原因研究，台灣省水產試驗所水產資源系。

④洪楚璋、陳汝勤、林良平、梁乃匡（1975） 台灣西南海貝類死亡原因之研究，國立台大理學院海洋研究所專刊 No.6 p.1～37。

⑤鄭森雄（1975） 台灣西南沿海貝類大量死亡之原因研究，中國水產271期 pp.3～7。

⑥Tospey, J.；R.M.Ingle （1966） The Red Tides, Florida Board

of Conservation Marine Laboratory Education Series No.1 pp.1～27。

⑦丸茂隆三（1975） 海洋プランクトニ 海洋學講座 No.10 pp.41～60。

⑧佐藤忠勇、武市善彥、安達大郎（1966，1964） 志摩半島出現したる赤潮について，赤潮に關する研究協會資料，日本水產資源保護協會。

⑨入江春彥（1966，1965） 大村灣の赤潮 水產海洋研究會報 No. 9. pp.107～111。

⑩Rounsefell, G. A. and W. R. Nelson（1966） Red Tide Research Summarized to 1964 U.S. Fish Wildlife Serv. Sci. Rep. 535。

⑪Steidinger, K.A. and R. M. Ingle（1972）Observation on the 1971 Summer Red Tide in Tampa Bay, Florida, Environ. Lett. 3(4) pp.271～297。

⑫倉茂英次郎，喜多村一男（1934） 中海に於ける硅藻の赤潮，氣象集誌 第2輯 12(6) pp.287～300，引自丸茂隆三（1975）海洋プランクトン 海洋學講座 No.10。

⑬辻田時美（1966） *Silicoflagellata* による大村灣の赤潮 長崎海洋氣象台報告 2，pp.17～29 ，引自丸茂隆三（1975）海洋プランクトン 海洋學講座 No.10。

⑭小林新二郎（1950） 赤潮と眞珠養殖眞珠の研究 1 － 1 。

⑮岩崎英雄（1972） 赤潮鞭毛藻の生理的特性，花岡資編，內灣赤潮の發生機構，日本水產資源保護協會。

⑯日本水產環境水質基準（1972） 日本水產資源保護協會。

⑰Ketchum, B.H. and Redfield, A. C.（1949） Some Physical and Chemical Characteristics of Algae Grown in Miss Culture, Com. Physiol 33 281～299。

⑱Ryther, J. H.（1954） The ecology of phytoplankfon blooms in Moriches. Bay and Great South Bay, Lony Island, New York, Biol Bull 106 pp.198～209。引自丸茂隆三（1975） 海洋プランクトン海洋學講座 No.10。

⑲Gran, H. H. (1931) On the conditions for production of plankton in sea coseil perm. Interat P. l'explor ha Mer, papp ot-verv. 75, pp.37～46。

⑳岡村金太郎（1907） 木更津沖に現れたる赤潮にいハて，水產研究誌 2，pp.1～5。

㉑岡村金太郎（1916） 赤潮に就て水講試報告，12，5册 pp.26～41。

㉒中沢毅一（1911） 赤潮に就て 動物學雜誌，23 pp.304～308。

㉓尾田方七（1935） *Gymnodinium mikimoti* Miyake et Kominami, n. sp. (M. S)の赤潮と硫酸銅の效果，動物學誌，47，pp.35～48。

㉔三宅驥一（1934） 最近三重縣五力所灣に生じたる赤潮ついて，水產學雜誌 3(1) p.52。

㉕三宅驥一，小南 清（1934） 赤潮生物について，植物學雜誌 48講演要旨，p.8. 引自丸茂隆三（1975）海洋プランクトン海洋學講座 No.10。

㉖小南清（1911） 赤潮の細菌學研究報1，植物學雜誌25，pp.415～422，引自丸茂隆三（1975）海洋プランクトン海洋學講座 No.10。

㉗Ballantine, D. and Abbot, B. C. 1957 Toxic marine flagellates, their oceurence and physiological effect on animal J. Gen. Microbioe, 16 274～281。

㉘松江吉行（1935） 品川灣淺海苔養殖の海洋化學的性狀，水產學會報，7，1。

公海漁業資源的開發與管理

吳全橙

一、引　言

在傳統的觀念上，公海是人類的天下，爲世界各國所共有，其資源的利用，爲人類所共享。然而漁業先進的國家，藉著大量的資金，優秀的技術，強大的軍事後盾，對於此海區的漁業利益，似有獨佔之勢，開發中的沿岸國家祇有望洋興嘆罷了。公海資源既是人類的財富，惟強者利用之，弱者無力問津。且各國領海範圍愈小，則公海面積愈大，強者海闊天空，行動自由，除了三至六海浬之領海外，其餘海區均爲其活動之所，最近由於弱小沿岸國家瞭解沿岸經濟利益的重要性，加上各國科技的進步，超級強國的擴建海軍，而不得不考慮自保之計，而採取擴大領海之主張，因之 200 海浬的經濟水域概念由此萌生，保護200 海浬捕漁權益，不容他人侵犯之主張因而紛紛爲沿岸國家所宣佈。

海洋資源雖然很豐富，但近海漁業却需保護，培養繁殖使其生生不息。資源的供應量，由於現代漁撈技術的精進，工業先進國家利用人造衞星偵察漁群的動態，利用直升機迴翔指揮並以眞空吸塵式的捕漁器具，採取魚群大小「統吃」，一掃而空的姿態，使得部分的漁業資源將有絕跡之虞，例如冰島曾有一次痛苦的經驗，其東部海面的鯡類資源（Herring），於 1958 年估計多達八百五十萬噸，由於各國的爭奪，過度捕捉的結果，至 1970 年竟告全部絕跡。又最近與英國進行的鱈魚（Cod fish）之戰，更引起爆炸性的結果。鑒於此種事實的發生，除了對於近海漁業管理有重新檢討的必要外，對於將來公海資源的開發與管理，更應未雨綢繆，採取謹愼的態度，進行規劃。第三次國際海洋法第三期的會議，已於今年（ 1976 ）5 月 7 日在不得要領的情況下休會，對於已往200海浬經濟海域的提議，雖遭五十餘個內陸國家有組織，堅持的攻擊而未通過，但

對於沿岸國家，除了漁業先進少數國家外，200海浬經濟海域的宣佈勢將必行。我國爲漁業先進之國，經濟區的劃定，除了對我國遠洋漁業的影響必須研究外，對於公海漁業資源之管理與開發，應當給予研究，作爲今後漁業發展之指標，本文乃作者參考各方的意見，收集整理而得之結果，敬請參擇指正。

二、公海漁業的管理

對於近海漁業而言，漁業管理爲廣義漁撈學之一，亦即研究各種漁業之生產技術及綜合性漁業生產的探討，加上測定各種漁業的漁獲性能爲基礎，以爲從事漁業生產之經營與管理之方針。然而公海漁業，至今乃被視爲無主之物，任何國家皆可在此海區內漁捕，因之各國採取"搶"的途徑，將來世界各國對於公海之漁業管理，必須以協約方式共同訂立有約束性的規章，以保持公海資源的合理利用，玆將可能採取的方法敍述如下：

㈠限制最小漁獲的體長或體重的方式：

由於現今漁撈技術的進步，漁船企圖獲取所有可得之魚類，而喪失了魚的再生力，因之阻止捕撈小魚，必須施行魚網網目的限制，以嚴格的規定每一漁船起運上岸不足尺寸的魚，不得超過之百分比率。

㈡限制總漁獲量，但採自由競爭的方式：

在同一基礎上，此法對於漁業先進國家比較有利，因爲先進國家擁有大而效率高的現代化漁船船隊，因之比落後國家在同一漁期中佔盡優勢。

㈢限制總漁獲量，但採配額方式：

此法乃依據各國現有之人口，距離漁場之距離，海岸線長度、漁船現有的數量、總噸位以及從事漁業人數爲配額因素，在總漁獲量下，各國分配定額的漁獲量。

㈣在漁期中，採各國開放制，視各國能力，自由競爭，但對於漁業落後國家給予配額量。

㈤對於公海漁場，劃定漁業保護專區，全年或季節性的限制，以保護洄游魚類在產卵期的策施。

以上為公海漁業對於量的分配問題，可能採取的方式，其他因素如公海水質污染的問題，公海漁業管理組織的方式，以及如何實施人工增殖的策施也應一併考慮，然而此為共同性的方法，並非一、二國之間可解決之問題，故未能一併提出。

三、公海漁業資源的開發

要研究公海漁業資源問題，必先瞭解漁業資源可分為傳統性的漁業資源以及非傳統性的漁業資源兩種。傳統性的漁業資源乃指至今吾人所利用之魚類如鯷魚、鱈魚、鯖魚、鮪魚及鰈類。就其習性而言，大多屬於洄游性魚類，就其棲息範圍而言，則大都分佈於大陸棚及大陸斜坡為最多，估世界糧農組織（F.A.O.）統計，近海及溯河產卵魚類佔世界總魚獲量的四分之三以上。非傳統性的漁業資源包括目前海洋中一些尚未開發或未充分利用之生物資源，這些資源大多屬於海洋生物食物鏈中低攝食水準（Low trophic level）的生物如食浮游生物的小型魚類、頭足類和甲殼類等。茲將傳統性漁業資源與非傳統性漁業資源的開發狀況以及發展的可行性敍述如下：

傳統性的漁業，主要以沿岸洄游魚類為主，包括鯷類（Anchovies）鯡類（Clupeids）鯖類（Mackerels）鰺類（Carangids）及其他沿岸洄游性魚類，就主要生產海域而言，大都以含營養鹽分較高的沿岸表層水域為主，亦即在大陸棚之範圍內。依據Moiseev（1973）利用許多有關海洋生態和漁業統計資料包括世界各海洋大陸棚，大陸斜坡、大洋上生態體系詳細的資料，各地海洋基礎生產力資料，海洋魚類地理分佈、特性和組成以及漁獲統計資料。分析結果，認為北半球部分海域的傳統漁業資源，已達到或幾乎達到其生產的極限，未來如有增產也僅是在公海海域棲息的漁業。由此顯示部分經濟海域內漁資源已有枯竭的現象。

非傳統性的漁業大部分屬於公海區域或為主權尚未確定的兩極區，亦即經濟水域200海浬以外的海水中，雖然魚體較小，但其數量龐大，若能大量開發經加工轉變成人類食用的動物性蛋白質，對於世界漁業的發展及糧食問題，將起決定性的作用，一般而言，200海浬以外的海域，其漁業

資源可分爲大洋表層洄游魚類資源Oceanic pelagic fish resources 魷魚資源Squid resource，大洋中層洄游魚類資源Oceanic meso pelagic fish resources ，大洋底層性魚類資源Bath pelagic fish resouces等。玆將一九七〇年世界沿岸國家在200海浬以外海域所漁獲的數量統計敍述表一、（資料來源FAO 1970年），由此表中吾人可知大洋性洄游魚類在公海上佔約54.1％ ，主要爲鮪類包括正鰹（Skipjack tuna ），小鮪（Small tunas）其量約有八十萬噸，其次爲什魚類約有三十萬噸、秋刀魚類（Scombereso-cidae）有十萬噸，至於鯨類大部分在公海上捕獲。

依據現有資料，以現今的漁業技術水準，世界尙未開發或未充分開發的海洋生物資源量，在沿岸國200海浬以外水域之公海區內的生產量可佔百分之五十六，此亦即今後漁業先進國家開發之途徑之一，將其生產量以圖二表之，由表二可知公海上，大洋洄游性魚類尙有三百多萬噸以上，主要爲飛魚類（Oxyporhamplidae & Exocoetidae ）秋刀魚類（Scombe socidae）雙帶鰺（Elagtis bipinnulatus）鱰魚類（Corphaena SP.）小鮪類（Thunnidae）。大洋中層洄游魚類主要爲燈籠魚類（Lantern fishes ）、發光魚類（Light fishes ）約有四百五十萬噸。底棲性魚類，主要爲鱈類（Hakes& poufassoce ）鼠尾鱈、稚鱈（Macrurids& morids），海底死火山上底魚類（Guyot fishes ）及南極虎鱚魚類（Notohenids Fish ）其量佔有一百多萬噸。其他甲殼類主要產於南極洲的南極蝦（Euphausia Superba），因之在公海上尙未開發的漁業生物資源至少尙有三千多萬噸。

依據（Marshall（1971）發現水深一千公尺爲分佈之境界，其上層和下層的深海魚類之生活方式有很大不同，其上層魚類有豐年狗母魚科（Sternoply chidae）、燈籠魚科（Myto-phidae）等中層深海魚類；下層有横夾管魚科（Conostomatidae）疏刺鮟鱇科（Himantolophidae ）及風船鰻科（日名フウセンウナギ〃）等深海魚類。此可爲公海魚捕之對象。

四、我國對於公海漁業之開發遠景

（表一）估計1970年世界在沿岸國200海浬以外的漁獲量（資料來源JCRR No16 ）

海洋生物資源類別	1970 年世界漁獲量（噸）	估計在沿岸國200海浬外公海上的產量	百分比
一、沿岸洄游性魚類	33,980,000	1,000,000	2.9
二、大洋洄游性魚類	2,220,000	1,200,000	54.1
鮪類	1,351,000	800,000	59.2
秋刀魚類	300,000	100,000	33.3
其他魚類	569,000	300,000	52.7
三、底棲性魚類	17,280,000	350,000	2.0
四、軟體動物	3,300,000	300,000	9.0
五、甲殼類	1,620,000	0	0
六、其他無脊椎動物	110,000	0	0
七、海藻類	900,000	0	0
八、鯨類	1,030,000	900,000	87.4
總計	64,440,000	3,750,000	6.2

（表二）估計以現在的漁業技術水準，世界尚未開發或或充分開發的海洋生物資源量及在沿岸國 200 海浬以外水域（公海）之可生產量。（資料來源 JCRR No16 ）

海洋生物資源類別	估計未來可供開發之資源量（噸）	估計在沿岸國 200 海浬以外公海上的資源（噸）	百分比
一沿岸洄游性魚類	12,090,000	950,000	7.9
鯷類（Anchovies）	4,600,000	200,000	4.3
鯡類（herring）	5,100,000	500,000	9.8
鰺類（mackerels）	1,650,000	200,000	12.1
鯖類（Mackerels）	740,000	50,000	6.8
二大洋洄游性魚類	4,400,000	3,100,000	20.5
飛魚類（Flying fishes）	100,000	50,000	50.0
秋刀魚類（Sauries）	2,200,000	2,000,000	90.9
雙帶鰺（Rainbow runners）	200,000	100,000	50.0
鱰魚類（Dolphin fishes）	500,000	300,000	60.0
小鮪類（Small tunas）	1,400,000	200,000	14.3
三大洋中層洄游魚類	5,000,000	4,500,000	90.0

燈籠魚類(Lantern fishes)	3,000,000	min 2,500,000	83.3
發光魚類(Light fishes)	2,000,000	min 2,000,000	100.0
四底棲性魚類	16,100,000	1,300,000	8.1
寒帶小型魚類(Capelin ,Argentines)	1,550,000	150,000	9.7
鱈類(Hakes & poutassou)	1,700,000	300,000	17.6
鼠尾鱈、稚鱈(Macurids & morids)	150,000	150,000	100.0
海底死火山上底魚類 (Guyot fishes)	200,000	200,000	100.0
南極虎鱚魚類 (Notoheuids fishes)	500,000	500,000	100.0
其他魚類(others)	12,000,000	0	0
五頭足類(烏賊) (Todarodid squids)	5,000,000	min 3,000,000	60.0
六甲殼類(南極蝦) (Krill)	25,000,000	min 25,000,000	100.0
總計	67,590,000	37,850,000	56.0

由資料顯示，傳統性的漁業祇有百分之六點二來自公海，而非傳統性的漁業資佔在200海浬以外之公海則佔有百分之五十六。若實施200海浬的經濟水域措施，依據我國近年來遠洋漁業作業漁場分析，則拖網漁業必受嚴重的影響，而鮪釣漁業在西南太平洋之主要漁場，其量也必然減少。今後除了謀求國際漁業合作、合資公司之外，對於200海浬管轄區以外佔半數以上的大陸斜坡上層（Contiental slope）的開發，以及大洋海底死火山上的底棲魚類，大洋中、深層的拖網漁業、南極洲之南極蝦；祇要有漁具漁法上的改進，突破現有的困難，則對於漁業生物資源的開發，將有很大的發展潛力。尤其更須注意的是大洋洄游性的刀秋魚類Sauries 鱰魚類Dolphin fish，大洋中層洄游的燈籠魚類Lantern fish、發光魚類Light fish，以及南極外Euphausia Superba，軟體動物之螺貝類（日名稱ツブ"類），甲殼類之松葉蟹（Lithodidale）土蟹（日名稱ズクイガニ）青王蟹（アオタケバガニ）以及斑節蝦 Penaeidae 長脚蝦Nemato carcinidae 切為重要的開採對象。

參考資料

宇田道隆 1960 海洋漁場學 水產學全集16 恒星社厚生閣

張寶樹 1968 中國漁業生物資源之研究 台灣商務印書館

李光三 1975 世界海洋生物資源概況與發展 JCRR No16

1975 鮪類國際組織及資源管理概況 JCRR No17

楊榮宗 1975 國際漁業資源共同管理的新動向 中國水產268

林登輝 1975 第三次海洋法會議的經過及展望 中國水產273

鄧火土 1975 深海水產生物 水試所 生物資料No:7

Seatersdal G. 1973 Assessment of unexploited resources J.F.R.B.C 30 P 2010～2016

Suda A. 1973 Development of fisheries for non-conventional species JFRBC 30 P2121-2158

潮間帶中的細菌—其分佈的因素

羅有權

前　　言

對於依靠沈積物爲營養的動物來說，周遭的細菌體要比無生物碎物來得重要(Mann 1973)。以海中沈積物爲生的無脊椎動物其分布與沈積中細菌數有關(Wilson 1955；Gray 1966)。個人以各種直接、間接的方式，曾探討過在潮間帶影響細菌分布的因素。以平面計數研討細菌可以有選擇性且嚴格的估計其群落(Casida 1966)。也可以耗氧量間接來測(Hargrave 1972)。一般我們常用的是自接法因其包括了需氧及厭氧在內。

在作者(Dale以下皆稱〃作者〃)從事此研究擬稿時，受到 K. H. Mann 指導鼓勵和R.P. McBride 的協助。

一、方　　法

探討的區域是在(44° 42′ N，63° 09′ W)的Petpeswick Inlet，南端之Nova Scotia潮間帶海盆，此區的沈積物受潮水流有影響，因此愈低平處其微粒愈大。本實驗標本在1972 年的春夏期間採集，分七個區域由高潮區到低平潮橫間劃分。除在第 3，4，5 區有 Zostera maria外，其他區域都避免採樣時含有植物在內。

採樣以直徑55cm的Plexiglas 手操穿孔式，樣本採到後立即放入碎冰袋中帶至實驗室。

Eh 是用鉑銀電極的電表來測，鉑銀絲是包在封閉的玻璃管內，Whitfield(1969)警告說須注意高度的復原力。探測在O-，5-，10-cm海底下各別鑽孔得到。每層1cm 厚，同層的就歸於同一性質。

型體大小分布的測定是用Coalter counter(model Zb)方法，此須在沈積物用熱過氧化氫除去有機物後才能進行，在超聲波海底微粒的分

布者，再用篩分以分別適應各管孔而能浮懸及再用3％NaCl 稀釋後過濾之。

平均直徑和Phi-選礫係數（Krumbein Pettijohn 1938）是用Mc Cammon（1962）提出的百分率式子來估計其型的分布，Clay：silt（即粘土：淤泥）的比率是以小於4-u的比上4u到64u直徑的值，Clay是指小於4-u者。因微粒大小和其每體積的表面積的關係也可顯示另一個指數。

沈積物以熱的0.5 NHCl 處理6小時後，除去碳化物再用電動分析儀測其C：H：N的值得知碳及氮的含量，樣本的複製品（即另一同樣的樣本）經稱重後在1,100 °C 下燃燒，在復原力有5％以內時，此結果可換算出有機碳和氮重量的百分比。

直接的細菌計數法一般認爲經 acridine orange 染色的方法最好。

在一般計數下是將樣品用100 ml的過濾海水稀釋後來稱重，在23,000轉速使其成均相懸浮並可維持5分鐘，而經證實此法較其他分散法計數率高。均相物取一毫升加至99 ml 的過濾海水中，再經搖動30秒分出10，1.0和0.1三種成份，用0.45-u的黑膜濾紙過濾。以acridine orange（1：30,000）染色5分鐘，而後用過濾海水清洗，最後可上片在顯微鏡下觀察。

在布油下計數是用紫外線照射顯示，但只有鮮綠色的菌體才能顯影計數。計數區域的選擇是從表面斜入，因爲表面一般來說密度大如此計量500以上的有效調查量才能定量，Lebedeva 和Shumakova（1969）提出以上方法在計數上對不同的樣品及密度有着同樣的係數。

沈積物樣品分別地定其乾濕的重量比，每克乾的樣品中菌體數目可由下列公式得：

$$N = \frac{n \times A}{a} \times d.f. \times (W \times r)^{-1}$$

其中N表示每克的個體數，n是每次觀察的平均計數，A是過濾面積，a爲區域面積，d.f.是稀釋率，W是樣品的濕重，r 表示乾濕重量比值。

對於不同級之沈積物用上法測定細菌數的復原力在5～10％。

乾的計數每平方R細菌體的結果可和其他方法結果的比較。此細菌細胞量約為 2.2×10^{-13} 克（Luria 1960）而生物量的測定在10cm深處。當然在此下層還有細菌存生，所以這個值要比現實存在的生物量小。

測量沈積物的比重是排水量法，而每克含量是將此乾樣品換算成10^5 ml 容積（$1 m^2 \times 10 cm$ 深）值，乾樣品每平方米中細菌體量的計算是用乘細胞乾重法，每克乾沈積物的細胞數及10^5 ml 容積中的沈積物克數得。

二、結果及分析

所有分析的細果都列於表1，每克乾沈積物中約含 1.17×10^8 到 9.97×10^9 的菌體，這個値是個低估計，有些細菌在成均相過程時可能被殺死，其他的也可能不能從沈積粒中成功的分離出來。

平均微粒的直徑約從7.7到211-u，較粗糙的沈澱物要比游泥容易造樣分離於很多種粒狀的研究中（1967 ）。有機的碳在重量上含量約在小於0.1%到16.8%，較沙沈積物中其量有顯著的增加，氮的含量也和碳相似在silt-clay是1.67%而在Sand中是0.01%。

拿50個樣品來測驗，其中Eh值低於+100 mV的有22個，低於-100 mV的有13個，此潮間帶面的平衡一般是靠硫化物來定。作者未確知實驗樣品中有多少是缺氧的，但嫌氧類的習性及其有限的群落也可做為很好的代表。

所有的統計方式皆依Nie et al （1970）。

Pearson的相關係係數可用來做所有相互關係研究的因子，（Table）除Eh 外，其他各因子相互之間都有顯著的關係，細菌個體分布圖式用各種因素構成如圖1，若其範圍很廣的話可用對數比例叠數。作者曾用部份修正分析得到如圖3，在細菌和沈積特性間的關係的程度可有更淸楚的概念。因各各聯合的因子導致細菌數目的變化，其估計可用回均分析來做（圖4）。

三、討　　論

細菌數目和粒狀體的特性。

在細菌數目和平均粒子大小間有一個非常顯著的負相關。（圖一），這是第一次包括了需氧及嫌氧生物在內的此類報導，雖然以前對於表面氧化沈積物上的植物量有過測定（ZoBell 1938；Tsernoglou,Anthony 1971）。這種相互的關係在微生物活動上也顯示如此：由Hargrave（1972 O_2 的吸收），再由Newell（1965）發表的雜碎物碳與氮之比，及Fenchel（1970）從氧化碎片中直接測定O_2 消耗量和其中各型細菌計數。但在這些報告中都未有涉及到嫌氧細菌，或者是只用了需氧物的樣品或者是因爲測驗方法對於嫌氧者不敏感。依作者的研討發現在嫌氧細菌和微粒大小之間的計數有相反的關係存在。

對於微粒大小和細菌的關係可以依據其表面積，在粗糙表較平滑者來得有利。作者曾以Brock（1966）的數據沈積物每克的面積，來計算不同型沈積物中每個細菌之可利用面積從（Petpeswick Inlet）所得的潮間帶沈積物上項值與海中小鵝卵石及湖中的石沙所得之值相近似。（表5）

因爲以微粒與細菌數間的關係來說，微粒直徑較面積指數重要，所以先不討論表面積，不論其眞實在直徑與面積間存在的關係。（r＝-0.99）。另外選樣係數，Clay：silt 比率及Clay 含量對細菌計數的關係也都不及微粒直徑重要。當微粒特性不顯著時，在部份修正分析上便用微粒平均直徑來控制。（Table 3）。很明顯的在此研究範圍中此直徑適用於表示其他種種的物理特性。這個可能有偏差，但是在微粒大小和其他粒狀測定值的關係又常不顯著（Gr：ffiths 1967）。故只用直徑表之。

四、菌體數與化學特性

在沈積物中菌體數與Eh的關係不顯著（r＝0.07），Eh往往隨沈積物之深度而遞減，有些同業發現其與細菌群落有平行傾側的關係（ZoBe11，Feltham 1942）。其他人並未發現存在點型（Wood 1959）。

因細菌對於Eh的作用及關係各有很大的區別（Baas Becking et al 1960），所以想從Eh得到菌數的明確關係是不能的。

碳和氮對菌數有很大的關係，但其對平均微粒直徑大小也有相關，其他研究者說如果修正值是獨立因子，則其間的關係是一樣的（Reuszer 1933；Oppenheimer 1960）。

部份修正分析可以估量出二種參數之間的關係而得第三種因子，如果微粒大小一定，則菌數與碳、氮的關係就大減。但部份修正係數則較明顯（table 3），卽菌體數與碳，氮間的部份關係，可說是歸因於微粒大小，但其他相關變數則不能如此解釋。菌數與碳、氮間的關係並不是由於細胞構造相對有機碳、氮在沈積物中而分布。作者計算樣品中菌體中碳、氮的相對量，是用乾重及微生物細胞組成的值，以Luria（1960）為依據菌體中含碳量約佔沈積物中的1.2％，而氮佔2.5％，這個測定和 Newell（1965）所提出的，菌體中碳、氮含量佔沈積物中碳、氮含量大部份有所不同。

一般來說，有機碳、氮之含量與底層有機體的關係是食物的量愈多則消費者愈多（eg. Longbottom 1970）。這須將食物來源加以控制或者把補充量做比例的調節。但後者不能估計，因為我們不知其消耗量是多少。若假設碳、氧缺乏似乎又和上項在菌體中相對含量的測定值有所矛盾。可能是並非所有非菌類的有機物都能被其完全分解。在其他生命體中也能發生，許多非有機物也含有大量的人類組織分解物。（Waksman 1936）。而且有相當多的氮是成非有機物存在（Mackereth 1965）。

直到沈積的有機物和其動態特性被應用在微生物上後，細菌計數與碳氮間的關係才建立起來，如此其測值也才有價值。

五、沈積物間的特性

很明顯地在研究中知道菌數與沈積物的某些特性有著關係，這些似乎相關的提示在圖2中顯示出，如果作者的結果及推理是有價值的，則對於潮間帶浪潮的特性顯著影響力的重要探索這將是個有利的統計值。我們有很多原因可說明微粒表面積的利用程度是主要影響菌類及碳、氮的因素。

名別修正分析顯示在某種程度下，觀察的關係是可以一個基本因素來表示，簡單來說，這許許多多的菌數變值是用單一或多個回歸型式來鑑定

的，而其多相類似（Table 4）。所以多用一個獨立因子代替其他變因來非測定。

因此回歸與相關兩種分析都證明了前述的沈積物與細菌間統計的簡單關係。Hargrave（1972，P. 595）提到"水中沈積物，其表面積有機含量、大小、及微生物代替間有所相關"這裡顯示，其關係超出了Eh 值，在方法上也無法測得嫌氧細菌，如此明顯地加强了Hargrave 所提出的關係。

六、比較和結論—直接計數細菌現存量

在計量與染色的過程中出現了些困難，如區別生與死的菌體便是。（Gray et al. 1968），還有本來在統計上就有的累進複製的設計困難（Venrick 1971）。所以常認爲生物現有量的測定不能正確的說明生態程序（Mac Fadyen 1963；Odum 1971）。但無論如何，經acridine orange 染色的直接計數是與沈積物環境特性有關。就某方面來說，此對技術及表示現存量值的證明都非偶然。

在細菌對微粒大小和有機碳的關係上就Hargrave（1972）來說其新陳代謝力較數量的影響爲强，同樣在作者的研究中也有此結果，可以說明菌體數與吸收沈積物中氧分壓的關係，但並非能把微生物原有的生命力表示也不能以此做爲細菌棲息相對適應力的指示。雖說其不能完全解釋動態，但其還是能表示沈積物中各種不同代替的淨值。如Gray 和 Williams（1971，P. 71）所提到的，"在現在及以往大多數的微生物都發生於較適宜生長或生存的環境。"

如果在水中沈積物細菌數的數據都是有義意的話，就可和其他研測的結果相比較。不能以測定O_2的消耗量來比較微生物和海底有機體，因爲其代謝情況不同，只能比較生物量，所以作者將其數據值都轉變爲生物量單位以和其他值比較，尤其蘇俄微生物學家更廣泛的應用直接於沈積物之計量上。（Table 6）。

細菌生物量約等於群落的現存量，而其代謝力可能更較低棲無脊椎動物爲强，這是依其大小與呼吸需要量來定，（Brock 1966）。Marshall

（1970）曾指出要處理海中沈積物研究須包括努力去阻止細菌被高等有機者所攝求，和大群落對其他小微生物的有利關係。但對於這些沈積物中有機動物體和細菌間相互競爭的關係尚未清楚。（cf. Mann 1973）。

在研究處理此類事情時，要了解微生物所扮演的角色須先對此群體相關大小和活動力有所了解。

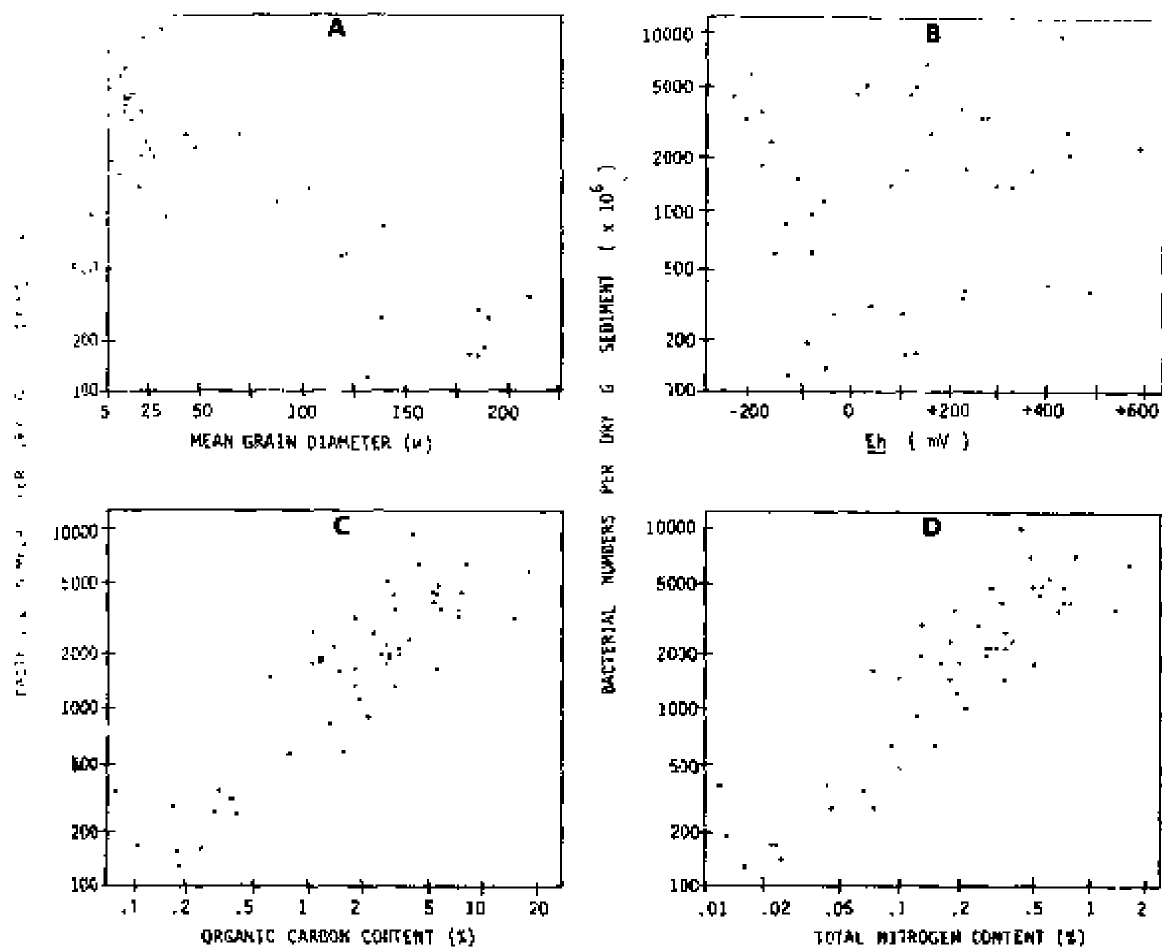


Fig. 1. Relationship of bacterial numbers to: A—mean grain diameter; B—*Eh*, C—organic carbon content; D—total nitrogen content.

Table 1. Results of microbiological, granulometric, and chemical analyses of intertidal sediments from Petpeswick Inlet, Nova Scotia.

Station	Date	Depth* (cm)	Bact. per g sed. X 10^6	mean grain size (μ)	area † index	clay: silt ratio	% clay by volume	φ sorting	Eh (mv)	org C % by wt	% N by wt
1	28 May	0	5479	7.7	21.5	.35	23.4	1.55	136	5.3	.67
		5	3596	11.4	14.6	.22	13.9	1.50	-203	7.0	.74
	8 Jul	0	1789	8.2	20.9	.41	23.8	1.66	234	5.1	.51
		1	3644	9.9	17.7	.31	17.5	1.69	273	13.7	1.44
		2	6280	8.1	20.4	.35	21.9	1.50	-194	15.8	1.67
	9 Sep	0	7009	9.1	17.7	.26	16.0	1.39	-121	7.6	.88
		5	3935	8.2	19.7	.34	20.3	1.47	-173	6.8	.80
		10	4685	9.0	18.8	.29	18.7	1.49	-227	7.3	.76
2	3 Jun	0	9570	19.1	11.4	.18	10.9	1.85	438	3.8	.45
		5	7008	17.3	12.5	.19	10.2	1.85	151	4.0	.49
		10	4569	12.6	18.7	.42	21.7	2.17	20	5.0	.53
	14 Aug	0	4000	9.8	19.6	.37	21.5	1.86	227	5.3	.77
		5	4549	10.0	17.4	.27	17.1	1.54	-166	5.1	.59
		10	4238	9.7	16.0	.22	14.3	1.35	-133	4.9	.58
3	14 Jul	0	2074	31.5	9.3	.20	9.1	2.05	447	2.7	.33
		1	2128	25.8	9.6	.16	8.7	1.90	329	2.7	.34
		5	2165	19.8	12.9	.25	13.7	2.13	2	2.4	.31
		10	687	139.5	2.2	.12	1.7	1.37	-124	1.3	.13
	4 Sep	0	1411	17.2	11.6	.17	9.9	1.62	328	2.9	.37
		5	2532	20.9	11.8	.22	12.5	1.95	-158	3.5	.37
4	17 Jul	0	2065	20.2	13.1	.27	14.0	2.08	431	3.1	.38
		5	3799	19.9	12.3	.23	11.7	2.05	272	2.9	.35
		10	2907	42.3	8.4	.21	8.0	2.24	164	2.2	.28
	19 Aug	0	2452	23.8	10.8	.19	10.0	2.01	318	3.1	.39
		5	4557	22.0	9.7	.14	8.3	1.71	126	2.9	.32
		10	1861	33.3	7.8	.15	6.3	1.93	-171	2.6	.31
5	9 Jun	0	1686	55.4	5.8	.17	5.0	1.96	369	1.4	.17
		5	1229	86.5	4.1	.14	3.4	1.71	- 53	1.8	.20
		10	946	31.9	6.9	.16	7.6	2.09	- 77	2.0	.23
	31 Jul	0	2486	45.6	7.2	.20	6.8	1.93	588	1.4	.19
		5	3524	69.4	3.9	.10	3.0	1.55	262	1.8	.20
		10	1781	67.1	4.9	.13	3.8	1.88	114	1.7	.20
	25 Aug	0	1503	86.0	3.4	.14	2.7	1.43	79	.8	.10
		5	592	121.6	2.6	.18	2.1	1.29	- 75	.7	.09
		10	622	117.9	2.4	.11	1.5	1.27	-148	1.5	.15
6	24 Jun	0	356	152.7	1.8	.11	1.0	1.32	490	.3	.04
		5	159	184.6	1.0	.12	.5	.91	- 48	.2	.02
		10	138	182.3	1.0	.13	.5	.89	120	.2	.02
	23 Jul	0	2812	69.1	4.3	.11	3.6	1.87	439	1.0	.13
		5	1487	102.1	2.2	.06	1.2	1.24	298	1.7	.18
		10	276	137.9	1.6	.10	.9	1.06	112	.3	.04
7	30 Jun	0	380	211.1	.6	.11	.1	.73	235	<.1	.01
		5	160	185.9	1.0	.16	.4	.80	137	.2	.02
		10	1613	82.0	4.3	.15	4.0	1.73	-108	.6	.07
	9 Aug	0	1920	56.6	5.1	.12	3.8	1.73	233	1.0	.14
		5	293	185.9	1.1	.12	.5	.96	46	.2	.02
		10	276	189.5	1.1	.14	.6	.96	- 28	.4	.04
	30 Aug	0	321	179.5	1.2	.12	.6	.96	239	.4	.06
		5	117	132.5	1.8	.15	1.1	.98	-121	.1	.02
		10	182	187.8	1.0	.10	.4	.88	- 31	.1	.01

*Depth at the top of a layer 1 cm thick.

†Area index computed as: $A = \Sigma (f_i / g_i)$, in which A is the area index, f_i is % of total sample volume in size class i, and g_i is the mean diameter of size class i.

Table 2. Pearson correlation matrix for sediment properties. B—bacterial numbers, G—mean grain size, A—area index, c/s—clay:silt ratio, %c—% clay by volume, S—sorting coefficient, C—organic carbon content, N—total nitrogen. Correlations involving bacterial numbers, area index, % clay, C and N are based on log transformed data. For 50 samples, critical r values are 0.29 and 0.36 for error probabilities of 0.05 and 0.01 respectively.

	B	G	A	c/s	%c	S	Eh	C	N
B	1.00	-.91	.89	.57	.88	.72	.07	.90	.91
G		1.00	-.98	-.66	-.98	-.80	-.03	-.93	-.93
A			1.00	.77	.99	.74	-.03	.94	.95
c/s				1.00	.76	.40	-.13	.69	.70
%c					1.00	.77	-.02	.94	.94
S						1.00	.27	.67	.68
Eh							1.00	-.07	-.04
C								1.00	.99
N									1.00

Table 3. Partial correlation coefficients for sediment properties with bacterial numbers. Symbols as in Table 2 Critical r values as in Table 2.

Variable being controlled	Correlation with bacteria for: G	A	c/s	%c	S	Eh	C	N
G	-	-.02	-.10	-.10	-.02	.31	.40	.42
A	-.42	-	-.40	.14	.20	.21	.41	.45
c/s	-.86	.86	-	83	.65	.18	.85	.87
%c	-.48	.78	-.31	-	14	.20	.47	.52
S	-.79	.76	.44	.73	-	-.18	.81	.83
Eh	-.91	.89	.58	.88	.73	-	.91	.92
C	-.46	.30	-.17	.24	.36	.31	-	.34
N	-.91	.89	.57	.88	.72	.07	.90	-
none (Pearson r)	-.91	89	.57	.88	.72	.07	.90	.91

Bacteria in sediments

[illegible] 5 Comparison of available area of sediment surface per bacterium in different habitats

[illegible]	Habitat	μ^2 per bacterium	Source
[illegible] silt	Marine intertidal	411	This study
Coarse silt	Marine intertidal	130	This study
[illegible] sand	Marine intertidal	377	This study
Pebbles	Marine	300	Batoosingh & Anthony (1971)
[illegible]	Lacustrine	311	Tsernoglou & Anthony (1971)
[illegible]	Lacustrine	204	Potter (1964)

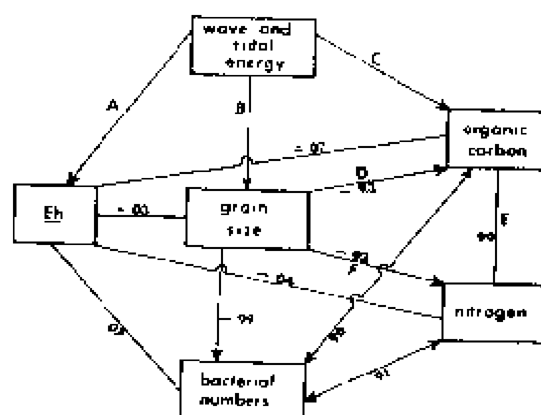


Table 4 Results of regression analyses with bacterial numbers as the dependent variable. Symbols as in Table 2

Independent variable(s) in model	Variance explained ( )	Error of regression estimate of mean ( )
G	82.1	12 4
C	81 1	12 7
N	82.8	12.1
G, C	84.9	11 5
G, N	85 3	11 3
C, Eh *	82.9	12.2
All variables*	87 1	11 2

*Models [illegible] variable(s) not contributing significantly to the variance explained.

Table 6. Comparison of the biomass per unit area of bacteria and other benthic organisms.

Group	Habitat & Location	Dry wt g/m²	Source
Bacteria	Fine silt Petpeswick	21.5	This study
Bacteria	Coarse silt Petpeswick	26.5	This study
Bacteria	Fine sand Petpeswick	5.5	This study
Bacteria	Foram ooze Pacific	0 3	Sorokin (1971)
Bacteria	Lagoon sand Pacific	9.7	Sorokin (1971)
Bacteria	Bottom sand Black Sea	15-30	Kriss et al. (1950)*
Bacteria	Shallow mud Azov Sea	17-57	Zhukova & Fedosov (1963)
Molluscs	Eelgrass bed Petpeswick	16.2	Burke (unpublished)
Molluscs	Sand flat Petpeswick	6 6	Burke (unpublished)
Macrofauna	Sand beach	9.2	McIntyre (1970)
Macrofauna	Mud flat Florida	30.	Moore et al. (1968)
Meiofauna	Sublittoral mud Scotland	.7-1.3	McIntyre (1964)

*Cited in Sieburth (1960).